

# 工业互联网园区网络建设案例汇编

(2021)



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

工业互联网产业联盟 (AII)

2021 年 8 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  
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

## 编写说明

为贯彻落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，推进《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023年）》网络体系强基行动，打造工业互联网园区网络，加快产业园区数字化转型，2021年5月工业互联网产业联盟（以下简称“联盟/AII”）启动了“工业互联网园区网络建设案例”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共收到33个园区网络案例，内容涵盖工业互联网园区网络基础设施建设、园区网络应用生态创新等领域。

经过专家评审后，联盟特将以下入选的工业互联网园区网络建设案例汇编成册，旨在为园区企业进行网络化改造提供参考，引导和推动工业互联网园区网络的技术创新、应用实践落地，促进工业互联网基础设施的健康快速发展，引领工业园区发展迈入新阶段。



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

# 目 录

广西玉柴园区网络项目.....	1
基于 WI-FI 6 的全无线智能工厂建设案例.....	14
德迈国际 5G+工业互联网产业园区.....	29
三一重工北京产业园工业内网与工业外网应用案例.....	45
格力电器 5G+工业互联网应用示范.....	54
长虹美菱冰箱园区 5G +工业互联网创新应用.....	65
基于物联网的工业互联网化工园区公共管廊服务网络建设.....	75
武汉京东方工业互联网园区生产网络规划.....	86
中伟 5G+工业互联网基地数字化改造项目.....	103
辽东湾新区 5G 智慧园区信息化服务项目.....	123
广东皓明陶瓷科技有限公司智能工厂工业互联网建设项目.....	140
广东红海湾发电厂 5G 煤场环境智能监控系统+MEC 专网项目.....	149
广州港 5G 智慧港口南沙四期自动化码头专网项目.....	163
欣旺达 5G+工业互联网.....	171
龙旗电子 5G+智慧工厂标杆示范项目.....	181
万家乐燃气具工业互联网智慧园区.....	188
广西百色工业园区智慧综合服务平台.....	204
广东石化炼化一体化项目全厂信息中心（全厂智能化）4G5G 工厂无线网建设项目.....	215

佛山照明工业互联网智慧园区项目.....	227
东莞市漫步者科技有限公司 5G 内网项目.....	234
广东广青金属科技有限公司 5G+智慧厂区建设项目.....	240
江苏双星彩塑工业园区 5G 专网.....	259



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

---

# 广西玉柴园区网络项目

广西玉柴机器股份有限公司

中国联通广西分公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

玉柴工业园位于广西玉林市，隶属于玉柴集团。玉柴工业园的建设，意在打造广西汽车零部件生产基地，做大做强玉林机械产业，延伸产业链，构建产业特色鲜明、综合配套能力强、功能设施完善的先进制造业聚集区，打造广西汽车零部件生产基地，使之成为“中国动力城”最具活力的核心区域。

### 1.2 园区网络现状

玉柴集团园区的传输骨干环网和园区 IP 接入网已经建成运营近 20 年，光纤资源和管道资源历经资源使用变动，台账资源缺失，这给网络维护、新建带来极大困难。园区内多个工段接入网和工段内网老旧，故障频发，需要重新按照新的网络标准来规划建设园区传输骨干环网、工段生产接入网和工段办公接入网。同时随着工业互联网应用的逐步落地，亟需 5G、WIFI6 等高质量无线网络的需求。

### 1.3 园区网络痛点分析

玉柴园区内网中接入、汇聚设备串联，存在单点故障。接

入网络设备分布于各个车间，权限管理和配置复杂，移动终端接入内网维持一致性权限困难。另外现有园区网络无法支撑端到端网络质量的测试、验证。

玉柴园区外网实现了玉柴异地分支机构的互联，但只能通过传统专线进行组网，网络结构复杂，投资和维护成本较大，且带宽调整流程复杂且耗时较长；不同云商之间多云难以互访的问题。

#### **1.4 园区网络化改造需求分析**

玉柴机器集团公司是我国最大的内燃机制造基地之一，正在打造具有德国工业 4.0 水平的国六自动化生产线，真正实现从消费者下单到制造商生产交付的全过程数字化管理。

但是玉柴现有园区网络已使用了接近 20 年，存在运维资料混乱、设备老旧、线路损坏、传输光纤不成环、汇聚机房环境恶劣等问题，无法满足玉柴工业互联网平台和应用对网络的要求。

通过本项目建设，最终帮助玉柴对工业内外网进行重构和改造，新建 5G+MEC 工业无线网络，为未来智能化发展构建稳定、高效、安全、智能的网络基础，满足玉柴未来 10-15 年数字化、智能化发展对网络要求。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

本项目目标是建设和优化玉柴园区网络以满足未来 10-15 年数字化、智能化发展对网络要求为目标，为玉柴未来智能化发展构建稳定、高效、安全、智能的网络基础。

在园区内网方面，建设基于 5G+MEC 的工业无线内网和建设基于敏捷网络的工业有线内网，为智能制造提供高带宽、低时延、高可靠的网络接入能力。

在园区外网方面，基于 SDN 网络的工业外网-中国联通云联网 CUII 的混合云组网，实现玉柴园区玉柴总部、微软云、华为云等云之间能直接互访的安全高效网络。

### 2.2 系统架构

玉柴园区网流量具备大流量、多流向、高效转发、分业务的特点与要求，因此本方案采用核心+汇聚+接入扁平化的三层网络架构设计（见图 1-1）。办公楼、车间内的流量通过汇聚直接进行转发，以降低带宽收敛比，提升整个园区的高速转发效率。汇聚交换机至核心交换机为 40G 双链路，汇聚交换机通过 10G 双链路连接至各工段接入层交换机。

5G 网络通过 MEC 与核心交换机进行互联，利用 MEC、切片保障园区网络隔离，数据不出园区，保障网络安全性和实时性。

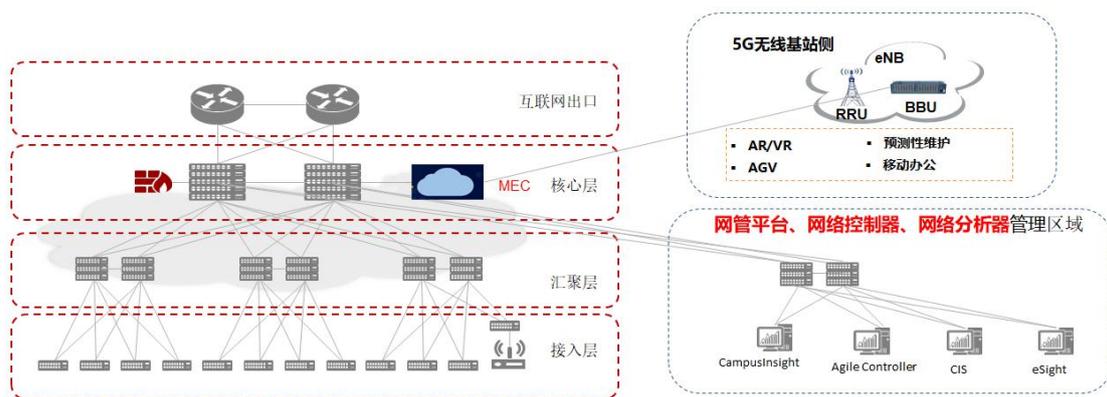


图 1-1 网络拓扑结构

## 2.3 功能设计

### 2.3.1 敏捷园区网络设计

本案例采用核心层、汇聚层、接入层的三层网络架构设计，形成网络可扩展、业务易分离、故障易定位的稳定网络。

核心交换机暂时保留动力大厦和玉柴大厦思科 N95 交换机，后续会更换为华为敏捷园区核心交换机，汇聚交换机做堆叠实现双设备冗余，保证网络的稳定性及可靠性，各接入交换机通过双上联链路聚合的方式实现链路冗余，既保证了链路带宽同时也提高了网络的稳定性。接入到汇聚全部使用基于光模块的光纤组网，汇聚到核心全部使用传输光缆组网；同时汇聚交换机与接入交换机之间运行 SVF（超级虚拟交换网技术），通过此技术将汇聚交换机及接入交换机虚拟成一台交换机，业务配置均在汇聚交换机上进行配置，实现接入交换机空配置替换使用，大幅减少人工配置设备的工作量，提高运维的效率。

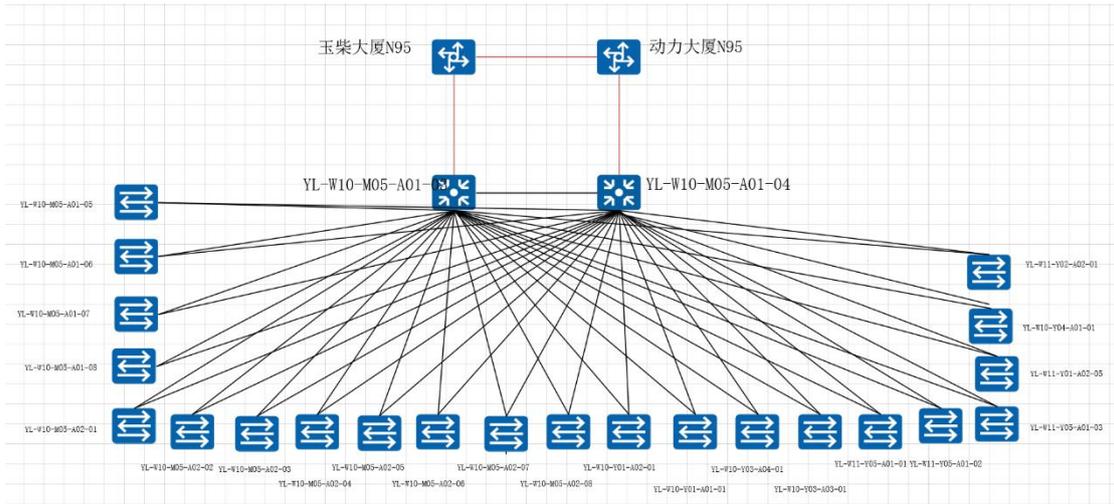


图 1-2 部署示意图

### 2.3.2 园区传输环网设计

根据园区的汇聚机房分布及路由情况，组建 3 个传输汇聚环，口字型上联至玉柴大厦、动力大厦核心机房，确保路由的安全稳定，每个环路 2 条 144 芯光缆，供玉柴内部和运营商使用。



图 1-3 传输环网部署

## 2.3.3 5G+MEC 网络设计

### 2.3.3.1 5G 网络建设

本项目采用宏站+室分方式建设园区的 5G 网络，综合考虑 5G 容量需求和业务模型，围绕 5G 建网原则，精细化选择宏站+小站/室分混合组网，园区厂房共使用 10 个 5G 宏站进行覆盖，站点间距大约 300 米。

表 1-1 园区厂房 10 个宏基站部署

序号	站址名称	网络制式
1	玉林市玉柴良道岭	SA-3.5G
2	玉林市玉柴南区	SA-3.5G
3	玉林市玉柴新联	SA-2.1G
4	玉林市玉柴东华小区	SA-2.1G
5	玉林市玉柴模块局	SA-2.1G
6	GX 玉林玉柴重机加工厂	SA-3.5G
7	玉林市玉柴船电动力事业部楼顶基站	SA-3.5G
8	玉林市玉柴设备保全部楼顶基站	SA-3.5G
9	玉林玉柴制造事业部楼顶基站	SA-3.5G
10	玉林市玉柴立体车库楼顶基站	SA-3.5G

动力大厦和玉柴大厦两栋大楼使用华为 5G LampSite 室分设备进行室内覆盖，实现大楼内 5G 信号全覆盖。

表 1-2 园区大厦内部 5G 部署

序号	站址名称	类型	网络频段	覆盖范围
1	GX 玉林玉柴集团大厦	室分	2.1G NR	覆盖玉柴集团大厦，按规划经纬度所在位置，建议方位角 0/120/240，挂高 15~25 米
2	GX 玉林玉柴动力大厦	室分	2.1G NR	覆盖玉柴集团大厦，按规划经纬度所在位置，建议方位角 0/120/240，挂高 15~25 米

### 2.3.3.2 MEC 设计

在玉柴大厦核心机房部署 MEC 边缘云，建设的 5G+MEC 平台将与园区办公网和生产网对接融合，兼容敏捷园区网络体系架构及建设、运维标准。

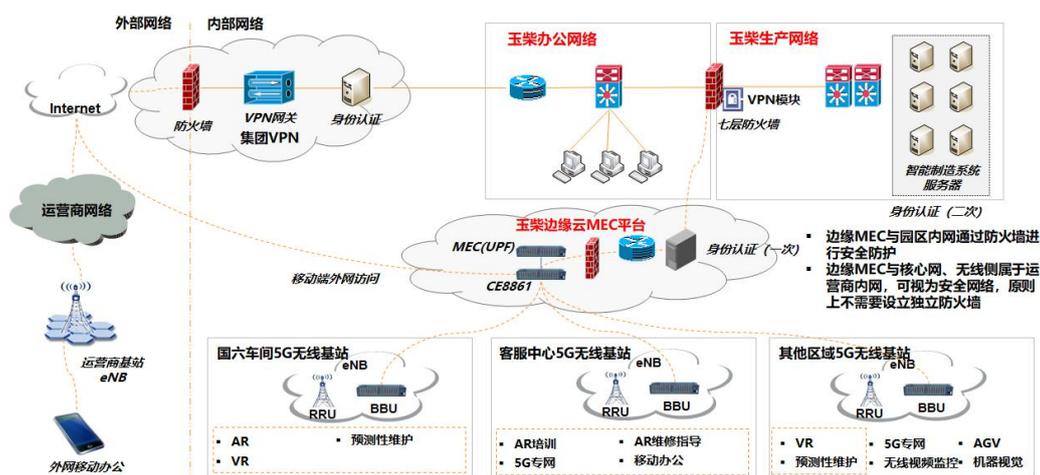


图 1-4 园区 MEC 部署示意

### 2.3.4 园区外网设计

为满足园区内玉柴总部与微软云、华为云等云之间能直接互访的安全高效网络的需求，制定了通过中国联通云联网将玉柴现有各类云进行互联的方案（图 1-5）。基于 SDN 技术向玉柴提供便捷的上云和多云互联服务，满足玉柴数据中心、多个云资源池及办公场所之间安全、快速、扁平、弹性的互通互联。中国联通云联网以联通承载 A 网为基础，整合阿里云、腾讯云等公有云成为网络核心接入节点，构建云网一体。其他接入云池有：华为云、微软云、AWS 等 50 多个主流云商的云池，与各云商预链接 10G 双路由电路。目前，基于 MPLS-VPN 技术的玉柴一体化云联网已完成构建并投入使用，通过云联网互联 6 个节

点，实现玉柴园区与华为云（华南区）、微软云（华东区）弹性互联，满足低时延、高可靠性、高安全性的专用传输网络需求。玉柴上云业务涉及玉柴集团实时交易、内部交流等企业隐私数据，云联网保证交易和数据的安全性，备线冗余，使得业务运行更加健壮，为玉柴集团提供了性能优良、价格合理、组网扁平化的跨域专线网络。

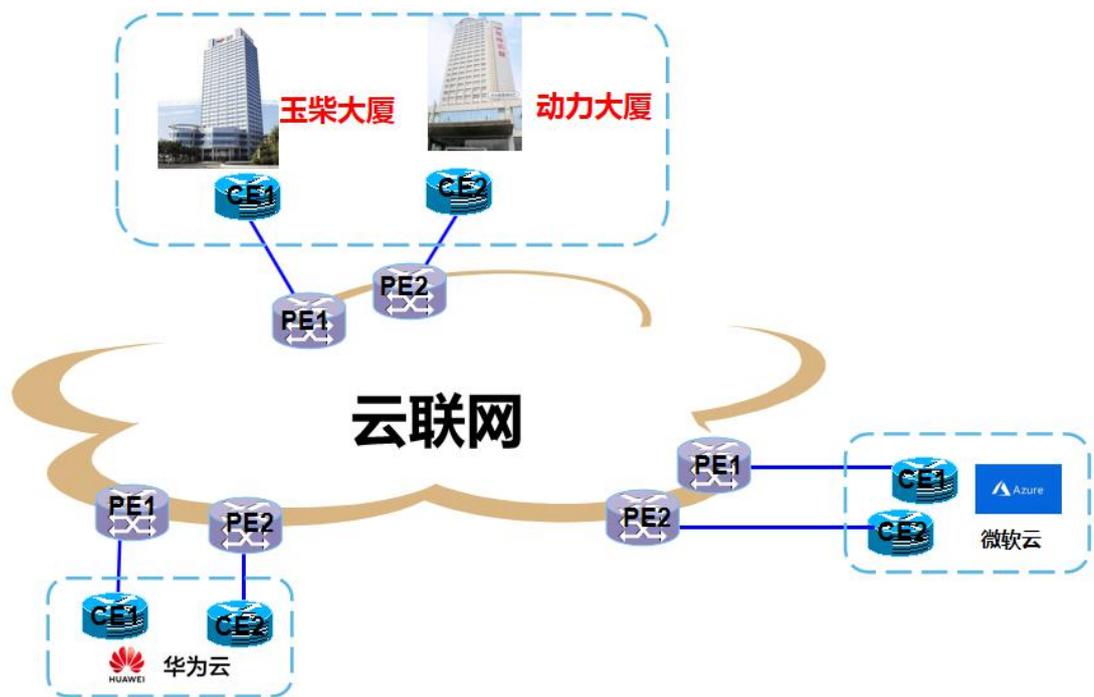


图 1-5 园区一体化云联网

### 2.3.5 网络综合运维平台设计

建设智能网管系统 eSight、Agile Controller 和网络分析器，利用前沿技术 SDN、设备 SVF 特性、IPCA 技术特性在玉柴智能制造工厂中的部署运用，形成智能化网络运维能力。

#### (1) eSight 网管系统

实现对基础网络设备统一的监控和配置管理，并对网络和

业务质量进行监视和分析，实现对企业资源、业务、用户的统一管理以及智能联动，实现网络自动感知业务质量和快速故障定位。

### (2) Agile ControllerSDN 统一控制器

实现园区策略控制，集中控制园区用户的权限，QoS，带宽，应用，安全等策略，并批量下发策略。

### (3) CampusInsight 园区网络分析器

通过大数据和 AI 算法对采集数据智能分析，识别网络运维中的典型故障，进行根因分析并提供修复建议，实现全网有线无线网络的精细化运维。

## 2.4 安全及可靠性设计

本案例玉柴园区网络安全防护整体依照适度安全防护和重点保护原则，通过“分层分域”、“一个中心三层防护”总体思想进行规划设计。

### 2.4.1 网络安全设计

#### 2.4.1.1 边界防护

在玉柴园区的办公网络边缘部署防火墙，在生产网络边缘部署工业防火墙，实现车间网络和上层数据网络之间的逻辑隔离和访问控制，遵循最小化和白名单原则，只允许业务数据通过边界，阻断其他非授权连接，保护各个区域控制系统安全运行。

通过边界安全防护，一方面实现各安全区域间的有效访问控制，另一方面避免在一个系统或区域里爆发的信息安全事件扩散到其他区域，将可能发生的网络威胁控制在最小的区域范围内。

#### **2.4.1.2 访问控制策略 ACL**

玉柴园区网络通过在汇聚层交换机部署 ACL 访问控制策略来进行网络的访问控制，满足网络安全防范和保护，保证网络资源不被非法使用和非常访问。

#### **2.4.2 可靠性设计**

##### **2.4.2.1 网络冗余设计**

本项目的核心交换机、汇聚交换机均进行冗余性设计，从汇聚层到核心层具有全冗余链路和转发路径；使用冗余引擎和冗余电源获得系统级冗余，为关键用户群提供高可靠性；选用交换性能和可靠性高的设备，支持双主控、电源冗余、风扇冗余、分布式转发等特性。

与具备冗余系统的汇聚层进行双归属连接，获得缺省网关冗余，支持在汇聚层的主备交换机间快速实现故障切换；通过链路汇聚提高带宽利用率，同时降低复杂性。

##### **2.4.2.2 设备堆叠设计**

接入交换机和汇聚交换机都采用华为 CSS（Cluster Switch System）智能弹性架构技术。集群 CSS 又称为堆叠，是

指将两台交换机设备组合在一起，虚拟化成一台交换机，当 CSS 堆叠组的一台交换机出现故障，流量通过 CSS 另一台交换机即可恢复网络通信，CSS 的实施可以提供更高的网络可靠性，进一步简化网络管理。

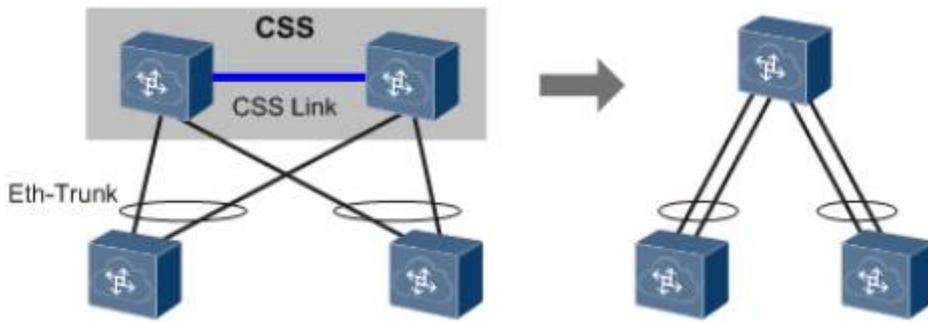


图 1-6 堆叠技术

### 3 实施效果

本项目的建设实施满足玉柴园区未来 10-15 年数字化、智能化发展对网络的要求，为企业未来智能化发展构建稳定、高效、安全、智能的网络基础。

在工业互联网内网方面，基于 5G+MEC 的工业无线内网和基于敏捷网络的工业有线内网，为智能制造提供高带宽、低时延、高可靠的网络接入能力，业务发放时间从周降至分钟级，故障恢复时间降至 30 分钟以内。

工业互联网外网方面，基于 SDN 网络的工业外网-中国联通云联网 CUII 的混合云组网，实现玉柴总部、微软云、华为云等云之间能直接互访的安全高效网络。云联网保证玉柴相关业务交易和数据的安全性，备线冗余，使得业务运行更加健壮，为玉柴集团提供了性能优良、价格合理、组网扁平化的跨域专线

网络，快速地解决了玉柴集团对当前外网组网的迫切需求，保障了玉柴实时交易、PDS 车联网数据等企业隐私数据上云的实时性和数据的安全性。

网络是承载生产应用的刚性需求，项目收益主要通过减少故障损失作为经济评价，稳定生产安全来实现间接经济效益。本案例园区内网的效益提升体现见下表。

**表 1-3 效益提升对比表**

序号	内容	基准	备注
1	质量提升项目	网络稳定与网络安全	解决单点网络故障导致网络中断、安全准入
2	该故障年度内损金额（万元）	213.3	玉柴股份 2018 年产值 148 亿元，每小时产值 395 万元，毛利率为 30%，按每次故障影响 10% 生产区域 1.5 小时正常生产，每年故障 12 次测算
3	设备年度折旧率	20.00%	满足玉柴园区网络未来 10-15 年的要求
4	改造前厂内故障恢复时间	2.5	1、缺乏网络准入控制 2、故障恢复时间 > 2.5 小时
5	改造后厂内故障恢复时间	0.5	1、安全威胁检测和响应时间减少 90%。 2、汇聚层故障解决恢复时间 < 30 分钟；接入层故障 2019 年 < 60 分钟，2020 年 < 30 分钟。
6	省人化投资金额	24	业务发放时间从周至分钟，减少 2*12 万人工成本。

本案例园区外网的效益提升体现在以下几个方面：

项目实施前玉柴分支机构只能通过传统专线进行组网，网络结构复杂，投资和维护成本较大，且带宽调整流程复杂且耗时较长；不同云商之间多云难以互访的问题。

项目实施后，实现企业 office 和公有云互联，企业 office 可直接访问公有云资源。用户端放两个云网关之间形成设备冗余，每个云网关可以接入不同的 POP 点，云侧接入点实

现多线备份。

中国联通云联网在级别带宽不超载情况下丢包率： $\leq 0.1\%$ ，网络延时：平均网络延时 $\leq 65\text{ms}$ 。同时具备异网运营商的备用路由，保障极端条件下的业务不中断，实现双路由保护。通过大带宽专线方式入就近接入联通 PE 节点，以满足客户大带宽动态调整的需求；通过云联网平台，非常便捷的完成 QOS、弹宽带宽的需求；通过云联网平台可以便捷实现链路实时监控与流量分析统计。



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

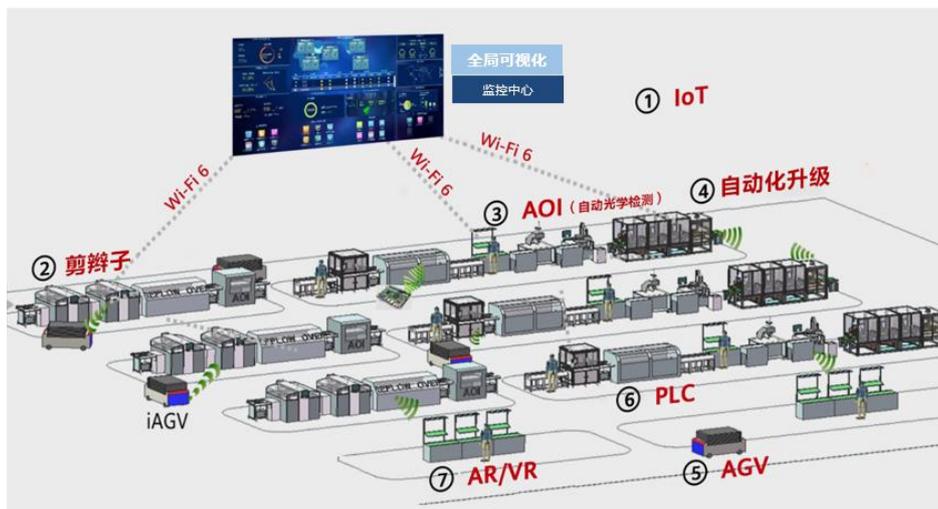
# 基于 Wi-Fi 6 的全无线智能工厂建设案例

华为技术有限公司

## 1 项目背景

华为松山湖南方工厂位于广东省东莞松山湖，生产基地提供了从原材料、半成品加工、整机测试组装到发货的全流程服务。华为的主要产品包括 4G/5G、终端产品、交换机/WLAN 等都是在松山湖工厂生产。近几年由于业务快速发展，松山湖工厂加速数字化转型。其工厂数字化主要包括 7 个部分：资产管理、设备有线连接无线化，AOI（自动光学检测）、自动升级检测、AGV、PLC Control、AR/VR。

通过数字化实现了柔性制造，提高了设备生产的效率和产品的生产速度，实现了智能化的质量检测，提升了产品的检测精度。



- 提升资源效率
- 提升生产柔性
- 提升产线速度
- 简化网络运维

图2-1 方案概述

本案例特点主要体现在以下几个方面：

### （1）网络层次化

将工业互联网园区网络划分为网络层、接入层、平台层等分层架构，每层功能清晰，架构稳定，易于扩展和维护。

### （2）先进的工业网络

符合工业互联网网络架构未来发展趋势，充分兼顾需求和技术的发展，主要设备支持升级演进。哑终端的 IP 化，支持 IPv6 及 IPv6+ (SRv6)、Wi-Fi 6 等新兴技术。

### （3）网络可弹性扩展

网络具备良好的可扩展性，采用最新的 Wi-Fi 6 AP 组网，AP 支持物联网模块，可以与物联网混合组网，支持物网络扩展；接入交换机采用光电混合缆，支持 10Gbps 上行，核心设备采用框式架构。满足未来 5-10 年的演进需求。

### （4）网络安全可靠

整套网络系统的可靠性是第一位，关键的设备、数据和接口采用冗余设计，设备升级过程中保证业务不中断。信息传输和数据存储注重安全，保障系统网络的安全可靠性。物理空间的安全控制及网络的安全控制，有完整的安全策略控制体系来实现网络的安全控制。

### （5）运维管理基本达到 L3 级自动驾驶

华为的 iMaster-NCE 管控析一体化平台，可以实现网络规划，设备自动配置实现即插即用，基于 AI 的故障预测/分析/定

界/网络自动优化等功能。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案框架

根据应用场景划分，园区网络主要分为生产现场网络、生产办公网络、园区网络以及园区公共服务网络。生产现场网络主要包括工业的有线网、工业的无线网、工业的以太网等各种网络；生产办公网络是企业为了打破信息孤岛、提高运营效率，会将原来分散部署在各服务器的业务系统，如 ERP、CRM、PLM、SCM 等几种部署到工厂内部数据中心/云平台；园区网络主要包括园区办公网；园区公共服务网络主要包括视频专网、园区物联网、能源监控网络。因此本方案从网络设备的层级总体架构由端、边、管、云四层来规划。

华为全无线智能工业园区网络总体解决方案如图 2-2 所示。

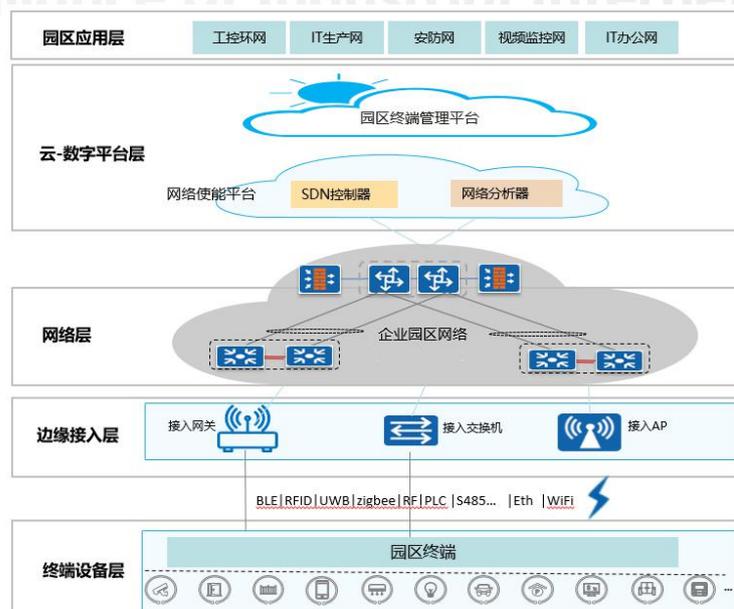


图2-2 全无线智能工业园区网络总体架构

## 2.2 总体架构说明

### (1) 终端设备层

终端设备层是园区网络的“神经末梢”，联接着物理世界和数字世界。这些终端根据行业不同部署在不同环境中，有室内也有室外，有固定的也有移动的，根据场景不同需要选择合适的网络联接方式。

### (2) 边缘接入层

边缘接入层实现终端设备的接入网络构建、边缘数据采集、协议的转换和和适配，以及满足本地业务存活需求具备的本地容器能力或本地数据分析与处理能力。边缘接入层的也被看作园区终端接入网络的“边缘神经”。本方案中边缘接入层部署业界领先的 Wi-Fi 6 AP，上行最高带宽 10Gbps，满足各种高带宽、低时延业务应用。

### (3) 网络层

网络层是园区终端接入网络的“神经网络”，主要是保障终端设备数据高效，可靠，安全的传输。网络层通常还会分为核心、汇聚两部分，通常为保障整网的可靠性，需要双机部署集群及双链路。

### (4) 云-数字平台层

数字平台层是整张园区终端接入网络的“神经中枢”，分为网络使能平台，以及终端管理平台等。其中网络使能平台是园区终端网管理的核心，实现对终端、边缘网关、企业网络的

整网管理与运维。本方案推荐华为 iMaster NCE-Campus 系统实现网络和业务的自动发放。

iMaster NCE-Campus 实现了对设备、应用的抽象，允许应用通过编排、调用抽象模型，快速实现应用的开发和自动部署。通过 iMaster NCE-Campus，网络管理员面对的不再是独立的若干个设备（例如：交换机、路由器、AP 等）和设备上的离散的配置（例如访问控制策略、QoS 策略、路由策略），而是对外呈现出完整的网络概念。

### **2.3 Wi-Fi 覆盖方案**

由于无线本身的特点，无线网络的规划部署建设相对于有线网络更加复杂。所以应当对无线网络进行详细的规划设计，以满足业务场景需求，建设一张高品质的无线 Wi-Fi 网络。

#### **2.3.1 Wi-Fi 覆盖规划**

制造园区建筑空间布局多样，无线侧网络规划需要综合考虑容量和信号覆盖。在网络规划前期，根据网络建设目标，明确覆盖区域，以及覆盖区域内用户分布、业务类型和带宽需求，并据此合理评估 AP 数量，规划 AP 部署位置、AP 发射功率和信道规划。

网络覆盖园区内全部功能区域，包括生产车间、仓库、办公区、会议室、休息接待区和室外公共区域等，物联网主要覆盖园区内众多智能蓝牙、RFID、Zigbee 等物联终端的无线接入。

规划步骤如下：

1) 明确移动终端用户数量及用户并发率，在移动办公场景，用户并发率按照 100%考虑；

2) 根据业务带宽需求和终端类型，选择 AP 类型，明确单个 AP 可提供的并发接入数；

3)  $AP \text{ 数量} = \text{终端数} * \text{终端并发率} / \text{单 AP 并发接入数}$ 。

4) WLAN AP 采用业界领先的智能多用户调度算法，提供高性能多用户接入能力。考虑一定的无线环境干扰影响和容量冗余。

为满足不同类型终端（哑终端、便携笔记本、智能手机、PDA 等）的接入，在重点覆盖区域终端接收信号强度应大于-65dBm，普通覆盖区域终端接收信号强度应大于-75dBm。

由于某些工厂环境条件比较恶劣，在选用 AP 型号时可以考虑室外型 AP。

### 2.3.2 无线升级过程中业务不中断

为了保证业务的可靠性，要求网络在升级过程中，不能出现业务中断。

AC升级过程中，主/备AC升级过程中支持跨版本数据备份，主AC升级完成后，AP回切，进行备AC升级。

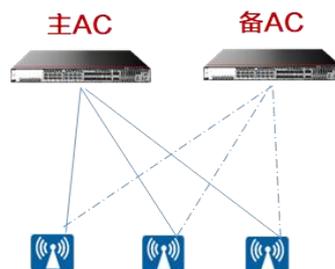


图2-3 AC冗余

AP升级过程中业务应保持不中断，首先识别区域内AP升级顺序，进行插花式分批升级（见图2-4）。待升级AP覆盖范围缩减，周边AP覆盖范围增大进行补盲。主动迁移用户，到周边AP。插花区域AP重启升级，周边AP补盲，网络整体覆盖不受影响。

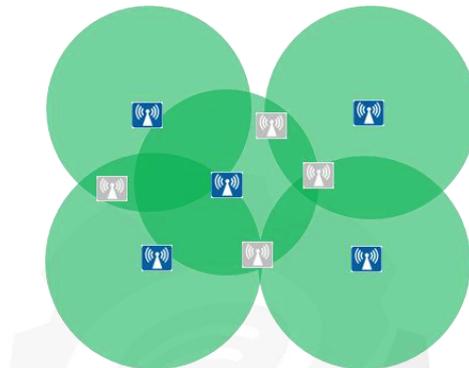


图2-4 AP插花式升级示意图

## 2.4 功能设计

### 2.4.1 终端无线化

当前很多工业设备并没有内置持 Wi-Fi 功能，有些设备即使内置了 Wi-Fi 模块，但并不适合工业场景的使用。

华为的 Wi-Fi 6 CPE 可以实现非 Wi-Fi 的设备转 Wi-Fi，工业设备可以通过网线或串口线连接到 Wi-Fi 6 的 CPE，再由 CPE 连接到 Wi-Fi 网络，进行数据的透明传输。例如工厂里光学检测 AOI 无线化时需要数百兆以上的传输带宽，只有通过 Wi-Fi 6 才能满足，而 AOI 设备本身不支持 Wi-Fi 6，通过 CPE 解决了问题。



图2-5 Wi-Fi 6 CPE实现终端无线化

### 2.4.2 AGV 控制

南方工厂里已广泛使用 AGV。AGV 需要实时和控制台通信，来报告自己的状态和接收新的行动指令。如果通信中断，那 AGV 需要停车等待，直到恢复通信为止。因此，需要通过端网协同漫游的方案来保障无缝漫游。

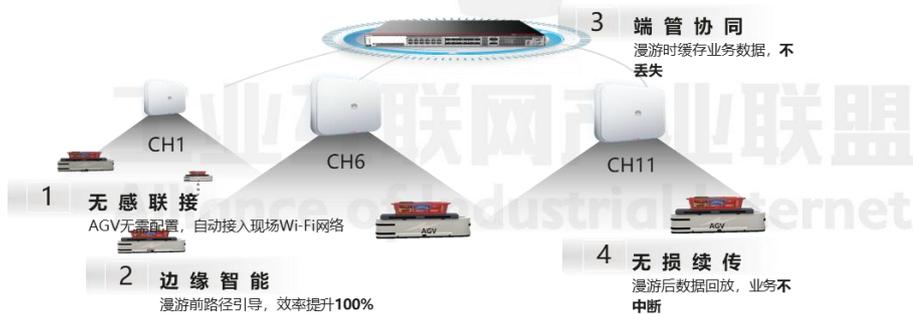


图2-6 AGV端网协同流程

华为的 Lossless roaming 解决方案通过 AGV 与无线网络的协同可以实现终端智能漫游，保障 AGV 在漫游过程中不丢包。该方案获得工业互联网联盟 2020 年“网络优秀解决方案奖”。

### 2.4.3 物联融合

资产管理是智能工厂重要的组成部分，例如仓储物流过程中，工作人员可通过操作集成 RFID 读卡器、二维码扫描等功能

的手持终端（PDA），在作业现场直接完成入库/出库/盘点管理、基本/系统信息管理和数据统计分析等各个环节，降低人工操作的效率和差错率；利用 Wi-Fi 网络的方式进行数据交互，提高企业内的仓储物流效率。



图2-7 Wi-Fi 6 AP融合物联

#### 2.4.4 设备自动化版本加载及测试

移动终端在产线上至少要进行两次版本变更，一次是变更为测试版本，另外一次是出厂前升级为正式发布版本。以前是采用 USB 拷贝的方式进行手工升级。一旦正式版本发生变化，需要将所有的 U 盘里的版本进行更新，存在出现差错的风险。产线通过无线的方式进行自动升级，并实现自动化测试。

#### 2.5 云-数字平台层：智能运维方案

随着网络规模的增长、网络应用的不断推广、业务越来越多样化，工业园区网络变得更加重要。一分钟的故障可能导致数百万的经济损失。

IT 维护人员面对网络管理和运维中遇到的问题和挑战，需要一套高效、统一的控制器进行支撑，可以实现全网的统一配

置管理，通过 AI 能力可以实现故障的自动定位，甚至能够实现网络的自愈。

华为的 iMaster NCE-Campus 是 CloudCampus 解决方案的基于 Web 的集中式管理控制系统，支持网络业务管理、网络安全管理、用户准入管理、网络监控、网络质量分析、网络应用分析、告警和报表等特性，提供大数据分析的能力，同时提供开放的接口、支持与其他平台集成。企业用户可以通过 iMaster NCE-Campus 在多租户网络中独立开展业务开通配置、日常运维等工作，实现规模设备的云化管理。

### 2.5.1 网络管理

网络的管理通常包括网络的规划、设备的上线、配置的快速下发。iMaster NCE-Campus 可以实现：

- 全网有线、无线网络统一、可视化管理，包括统一拓扑、统一告警、性能、统一报表等基本功能，满足网络的基本运维需求。
- 可分权分域，基于每个区域给予管理权限控制，确保网络的管理分工与安全。
- 分级网络管理，实现运维安全和大规模网络管理的能力。可以实现跨地区上下分层式管理，基于分层管理诉求，聚焦分层网络运维职能，上下分级各司其职，实现统一的拓扑管理、统一的资源管理、分层式的告警管理、全网汇聚Portal、统一的用户认证管理。

- 零配置部署管理，支持拓扑开局和设备标识开局，从网络规划、离线配置文件制作、设备布线上电、网络规划调整、开局以及故障设备替换等，提供了端到端设备运维能力，提高了运维人员效率。
- 移动化运维管理，用户可以在移动终端上进行无线网络管理，包括360监控、故障诊断等功能。
- 网络管理系统基于组件化的设计，功能组件可以按照需求选择，可以满足网络的扩容和升级带来的新的管理需求，保护现网投资。
- 各种统计报表的生产，开放的API接口。

### 2.5.2 运维分析

大数据时代，传统的基于指定规则的运维模式已经支撑不了用户对网络的运维需求，利用网络产生的大量数据进行智能运维，提升用户运维效率已经刻不容缓。

华为 iMaster-NCE CampusInsight 平台，通过实时流采集 Telemetry 技术，动态秒级抓取网络数据，实现用户全流程体验感知，帮助管理员实现快速故障定界并排除风险，从而实现主动运维。利用机器学习算法提升效率，通过场景化的持续学习和专家经验，智能运维将运维人员从复杂的告警和噪声解放出来，使运维更加自动化和智能化。

#### (1) 每用户每应用每时刻全流程体验可视

每时刻：基于 Telemetry 技术，动态秒级抓取网络 KPI

数据，故障可回溯。

每用户：通过多维度采集数据，实时呈现每个用户的网络画像，全旅程网络体验（谁、何时、连接至哪个 AP、体验、问题）可视。

每应用：实时语音与实时视频应用体验感知，快速智能定界问题设备。

## （2）网络问题自动识别，主动预测

通过大数据和 AI 技术，自动识别连接类、空口性能类、漫游类和设备类问题，提升潜在问题识别率 95%。

利用机器学习历史数据动态生成基线，通过和实时数据对比分析从而预测可能发生的故障。

## （3）网络问题智能定界，分析根因

基于网络运维专家系统和多种AI算法，智能识别故障模式以及影响范围，协助管理员定界问题。

基于大数据平台，分析问题可能发生的原因并给出修复建议。

## 2.6 网络安全方案

### 2.6.1 WLAN 安全性

WLAN安全技术可以保护合法用户接入AP，对用户的数据进行加密，监测和防御非法用户和AP，隔离用户互通，对用户集中管理并保证无线信道的资源。

本方案WLAN设计提供以下安全防护手段，全方位保护网络

及用户安全：

- 检查和防御非法用户或AP入侵的机制（WIDS/WIPS）
- 针对无线用户的安全策略机制，包括链路认证，用户接入认证和数据加密
- STA黑白名单，控制无线用户的接入
- 用户隔离，可以集中管理无线用户
- 终端类型识别功能，接入公司的所有终端（包括哑终端）根据终端类型获得访问权限。

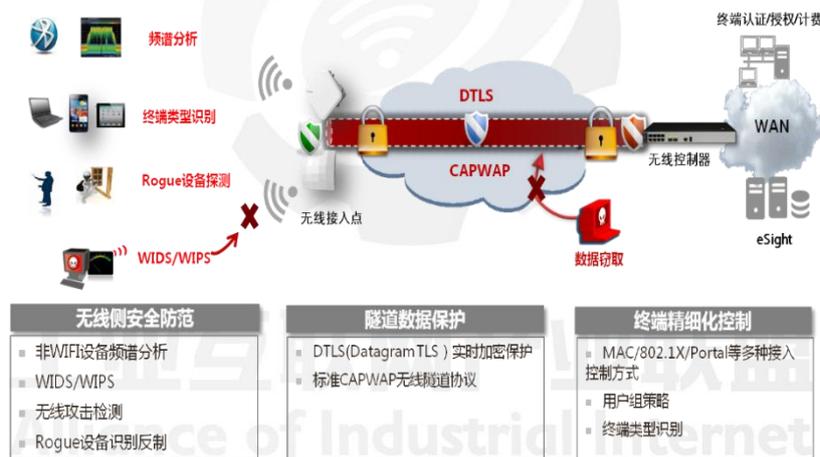


图2-8 无线安全防护

## 2.6.2 网络安全保护

华为工业互联网安全解决方案大体分为“前置隔离区解决方案”与“生产区（FAB）安全解决方案”两部分。“前置隔离区”的定位是做威胁的诱导、检测、处置，尽量把可识别的风险都控制在隔离区。“生产区”是工业业务的关键，主要用于防御“隔离区”没能成功控制的剩余风险，在生产区主要基于“微分段”技术进行细颗粒度防护，以及基于旁路威胁检测、

异常状态检测、实时告警与响应来让“生产区业务”在“不确定风险”下保持动态的安全。关键措施如下：

- 建立“前置隔离区”控制FAB所有对外通信；部署强安全检测和处置手段，把绝大部分威胁控制在“隔离区”。
- FAB区做最少改造，避免对业务引入可用性和配置风险；
- 对FAB区域，根据业务要求划分VLAN与策略安全组；
- 在VLAN边界与内网部署不同颗粒度的访问控制、微隔离等技术手段，消减剩余风险；
- 对不可部署控制手段的区域，起码要实现对威胁的实时监控与告警。

### 3 实施效果

华为松山湖工厂自动化生产线目前可以每20秒生产1台手机，45秒生产一台AP。生产线的数字化改造，提升了生产效率，达到了预期的效果：

- 工厂无线化实现了柔性制造，产线调整更加快速便捷；
- 大数据与AI协同的“工业智脑”：通过Wi-Fi 6与IoT网络，实时连接工厂数千工业终端及数以万计的物联终端，实现亿级数据实时采集、秒级分析反馈；
- 仓储物流的智能化，通过AGV的端网协同技术，可以将AGV在2米/秒的速度下漫游成功率提高50%，坪效提升30%；
- 通过AOI检测，提升了产品质量；
- AI实现网络故障的提前预判、故障的快速定位及根因分

析，网络7x24小时不中断。



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

---

## 德迈国际 5G+工业互联网产业园区

山东德迈国际实业有限公司

中国联合网络通信有限公司济南市分公司

---

### 1 项目背景

德迈国际信息产业园位于济南市槐荫区美里湖高新技术产业园，占地 445 亩，总建筑面积 35 万平方米，是全国唯一一个同时作为“侨梦苑”与“新侨双创基地”承载地的产业园区，是市、区两级重点项目。项目以工业打印机为核心产业，带动工业打印机上下游产业链，同时规划高新科技总部和侨商创投聚集区，成为全球唯一高标准、高科技、具有核心产业链生态圈的“中国工业打印机小镇”。产业园距离一院三馆 3 公里，距济南西站 3.5 公里，1.5 小时抵达北京，3 小时高铁经济圈轻松对接全国各大城市。高效的立体交通体系将极大地带动区域升值，打造产业、研发一体化平台，成就未来产业价值高地。

德迈国际信息产业园作为济南“侨梦苑”核心区，德迈国际实业公司将倾力打造高品质的绿色生态办公环境。以高科技工业数码打印机为核心的总部经济生态圈，同时依托“侨梦苑”平台优势提供技术、战略规划、信息等服务及融资、并购重组、财富管理等金融服务，引入华侨回国回籍创业，建设济南“侨梦苑”，倾力打造侨商高新产业聚集、365 天永不落幕的工业打印博览园。



图 3-1 德迈国际信息产业园鸟瞰图

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

为响应国家“新基建”战略，面向高质量发展需要，山东德迈国际实业公司启动了 5G+工业互联网产业园区项目，并与中国联通达成战略合作关系，以济南德迈国际信息产业园为主体，双方投资共建，致力于打造可复制推广的标杆示范项目。

对于政府而言，示范园区可以打造区域标杆、可进行园区工业经济的运行监测、也将是招商引资的重要抓手；对于园区而言，5G 赋能、产业互联、技术驱动智能运营，可提高运营水平、提升服务品质，还可提升知名度、提高入住率；对于入住企业来说，可以享受智能高效的软硬件服务，快速实现数字工厂、智能协同制造；对于企业员工来说，可以满足办公生活的服务需求，也有利于人才引进。

该项目旨在利用 5G 新技术以及人工智能算法等提高园区的管理水平、安全防控水平，为园区运营方提供综合态势感知、事件智能预警、高级研判等智能化管理功能，实现园区“数据

全融合、状态全可视、业务全可管、事件全可控”。

领先的工业互联网平台助力园区入驻企业通过平台的资源开放、价值共享、业务协同、数字赋能等服务，实现共享制造新业态，降低采购成本、全流程可视化规范化、在线数据实时传输与反馈，实时掌握委外工厂的生产进度、把控产品质量、准确预估交期，达到提质、降本、增效、优服、创新、转型的良好发展成效。

通过园区内工业打印龙头企业——金恒丰科技集团，整合工业打印上下游产业链，升级企业内网、工业 PON 网络系统部署、工业打印机设备 5G 模组嵌入、设备上云、智慧安防园区平台部署等；利用采用 5G 独立组网技术+NB(5G)+全光 PON 网络，经现场测试，5G 下载速率达 870M/S，基于 NB 的物联网连接速率达 200M/S，打造供应链、物流仓储、机器监控的全程可视化。

通过联通工业物联网 PAAS 云平台，为入驻园区的企业提供面向装备的物联网 PAAS 服务或由装备云平台直接提供装备联网 SAAS 服务。以金恒丰为试点，为其提供了针对打印机的基于 5G 的物联网 SAAS 服务，实现了金恒丰在线打印机的实时监测、主要部件远程诊断、耗材消耗数据实时回传，初期为金恒丰全国范围内 100 台打印机提供设备联网，后期将为所有入驻企业提供设备、产线联网服务，为整个园区企业赋能。

在项目一期的基础上，二期上线智能仓储+供应链协同服务，为园区入驻企业提供上下游资源共享、多边可信交易，服务园

区所有入驻企业并打造示范企业，首先利用金恒丰工业打印机的技术优势，结合工业互联网，将工业打印机设备嵌入 5G 网关并将其连接至工业互联网云平台，对设备进一步实现监控与管理。提升对喷头温度、设备所在经纬度、纸张/布料消耗情况、油墨消耗情况、设备故障等各项参数变化情况的实时监测能力。将工业打印机的上下游产业链进行上云整合，在物流信息、仓储管理、配件管理、机器运行状态、耗材状态、墨水温度、墨路监控等方面，进行实时监控和交互。

三期上线产业集群平台，面向金融模块，包括招商项目、政府招商优惠政策等信息更新；提供境外贸易出口专业服务、提供出口货物的仓储、物流、货物中转及进出口等服务，帮助企业解决跨境电子商务中出现的通关、结汇、退税、产品安全及征信等系列问题。为中小微企业对外贸易提供高效、便捷、安全、严密的服务和管理平台；为园区业主及入驻企业提供多种商业应用服务。从生产制造、采购供应、数字智能、企业管理、仓储物流、研发设计等方面提供多种应用服务。为园区内中小企业提供 OA、移动 OA、财务管理、ERP、CRM 等第三方的云 SaaS 服务商的产品，企业可根据自身需求选择使用相关产品服务并可见热门应用排行以及新应用上线更新。以及实现园区安防、消防、环境监测的一体化管理。



**图 3-1 产业园三期建设规划**

一期已建设联网视频 51 路、消防设施 263 个、智慧能耗设备 6 套、5G 安防机器人 2 台、智慧灯杆 6 套。二期三期建成后，将达到联网视频 160 路、消防设施 500 个、智慧能耗设备 10 套、智慧灯杆 15 套。同时，该平台可为入驻企业提供包括能耗、安防、访客、办公的智慧应用服务。先进的技术与优秀的产品能力为园区使用者提供更安全优质的服务体验，为园区运营者提供持续卓越运营的能力和运营收益。

## 2.2 系统架构

德迈产业园区总体架构如图 3-2 所示。

(1) 网络层：园区采用工业 PON 网+5G SA 独立组网模式提供基础网络资源搭建，其中工业 PON 网络采用生产车间和办公区分区独立组网方式，对于广域联网及云联网需求客户，园区建设有 OTN 接入单元，可为用户提供基于弹性带宽定制和智能自助服务的 SD-FAST 智能光网络接入服务，省内任意两点间 10MS 时延可承诺保证。

(2) 中台层：部署基于 AI 的园区运营管理中台，提供数据中台、应用中台和 AI 中台能力；同时，提供联通物联网平台一跳接入服务，为园区工业企业客户提供工业物联网 PASS 中台服务能力。

(3) 应用层：面向园区产业生态提供园区综合服务平台，包括园区电商服务、协同制造、供应链管理、园区生产服务、消费服务。

(4) 园区智慧应用：基于 AI 的园区智慧管理平台涵盖了人、车、物的全面感知管理，能耗数据和消防设施的全面监控，5G+安防巡检机器人及无人机定期巡航园区为安防管理提供快速响应。



图 3-2 园区建设总体架构

## 2.3 网络拓扑设计

### (1) 5G 新技术网络覆盖

采用 5G SA 独立组网技术，5G 无线网直接接入 5G 核心网，

与 LTE 网络之间相互独立。实现了控制面与控制面的完全分离。促进协议栈的切分和系统软件与硬件、业务与资源的进一步解耦，实现处理时延以及系统性能优化提升。独立组网技术支持 5G 新业务，便于拓展垂直行业，满足各类场景的多样化需求。

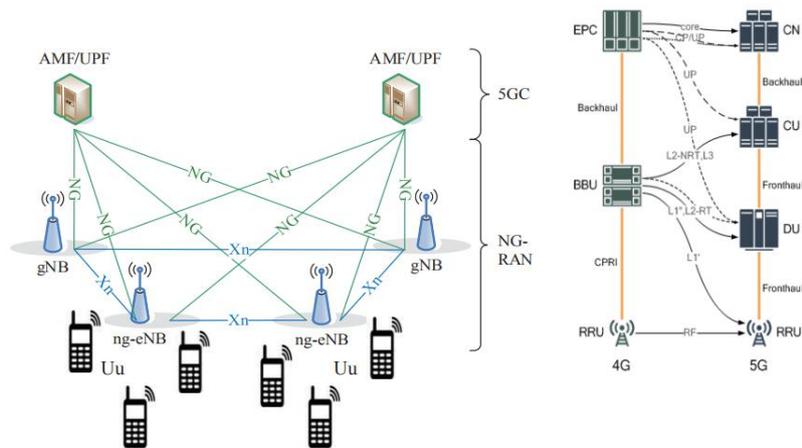


图 3-3 5G 网络部署

## (2) 企业内网升级改造-工业 PON 网络系统部署

工业 PON 适用于强电磁干扰、雷电、强振动、宽高温、宽湿度、车间长距离等严酷的工业环境，全面适配工业制造现场要求，是工业级网络连接的首选方案。

工业企业现场设备繁多，接口协议多样化，ONU 可提供 FE、GE、RS232、RS485、CAN、POTS、POE、时间同步等各种接口，适应工业设备信息采集传送及各种接入系统应用场合的要求。通过工业 PON 网络把数据汇总到 OLT，然后传送到工厂平台应用层，避免了不必要的工业接口和通信协议转换环节。同样 PON 适用于限制能耗、不需要空调供应和机房占地的工业企业。

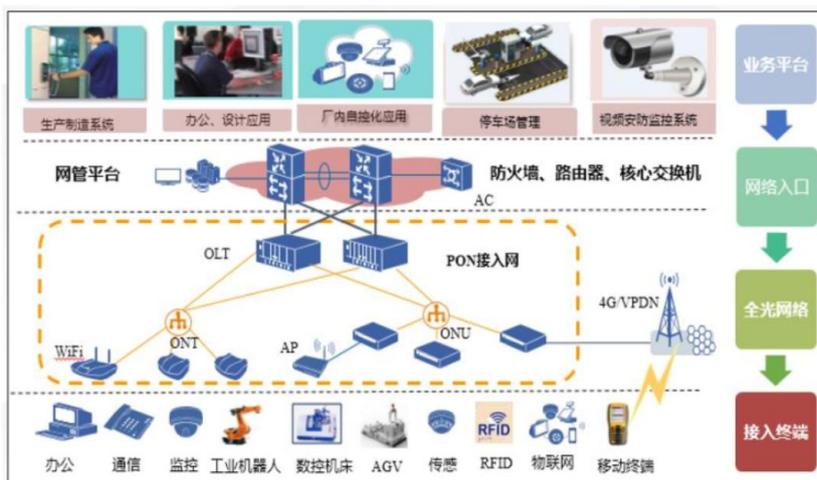


图 3-4 工业 PON 网络架构

厂房网络实施场景如下图所示，原有厂房仅仅部署了近端工业打印机设备的信息化操作，尚未将相关的数据以及控制指令远程化及自动采集化，生产线需要进行加强自动化信息能力。

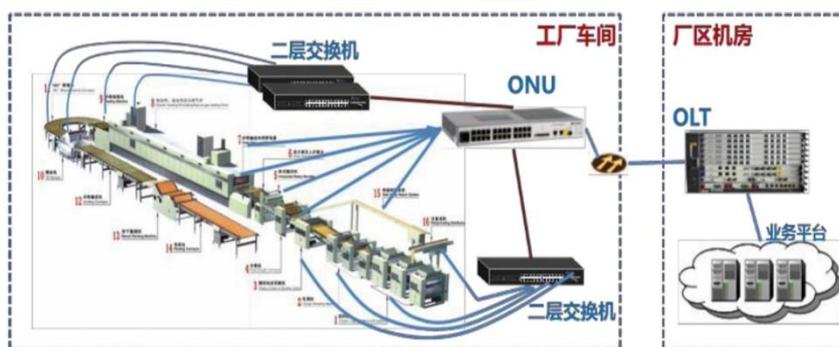


图 3-5 厂房 PON 部署

### (3) 工业打印机设备 5G 模组嵌入

园区入驻龙头企业金恒丰高端打印机已接入互联网，实现设备数据的采集和上传。目前设备在全国各地均有厂区，在济南厂区主要进行生产组装工作，在北京总部主要进行研发工作。将工业打印机设备嵌入 5G 网关并将其连接至工业互联网云平台，对设备进一步实现监控与管理。

目前工业打印机主要的设备参数有喷头温度、设备所在经

纬度、纸张/布料消耗情况、油墨消耗情况、设备故障情况等。且已经能够实时监测到各项参数的变化。

## 2.4 功能设计

### (1) 智慧园区平台

智慧园区平台的建设旨在充分利用现今成熟且先进的技术，包括大数据、人工智能、机器学习等，对园区消防、安防、环境监测等系统进行规划设计、系统实施，实现安防、消防等系统的联动运行，为量身定制交钥匙解决方案。设计方案充分利用和调度公司已有资源，整合多方面数据，能够对事故提前预知、过程预防、报警识别、报警快速处理及事后追踪，最大程度减少事故发生或降低事故的危害程度。

基于园区中台+专业应用模式的理念进行设计，充分利用物联感知、大数据、人工智能技术等成熟技术，实现园区安防、消防、环境监测的一体化管理。

#### ● 体系构建

整体设计围绕业务工作中“防火、防盗、防事故”等关注点展开，重点面向“人、物、地、事、组织”中的人员管理、车辆管理、设备管理、设施管理、区域管理、事件处置、应急预案等进行，形成服务于安防、消防、环境监测三大体系的信息化应用架构。为实现三大体系的应用方向、体系之间的信息共享和事件响应的联动预案，以分层解耦模式进行建设。

#### ● 架构建立

业务应用平台：承载安防、消防、环境监测三大体系业务应用的使用需求，针对不同人员、车辆、设备、设施、实践等进行自动或人工操作，实现感知、预警、研判、处置等技术支撑，为园区在管理人员提辅助支撑。

大数据平台：在业务应用平台和摄像机、烟感、气体探测器、救助终端、广播终端、指挥 PC 坐席、人员终端 APP 之间实现数据的采集、存储、融合、汇总和分发，为统一化、集成化应用提供数据支撑。

AI 算法平台：园区已经建设接近 1000 路视频探头，但现在基本以视频查看、记录历史情况使用，对于缺少建立人员特征、车辆特征、异常事件的识别和研判能力，建立 AI 算法平台，可以提取特征和结构化数据，形成研判基础资源，为建立人员管控、车辆管控等提供技术基础。

### ● 技术支撑

整体平台构建在私有云之上，为整体应用提供计算、存储、网络等池化基础，方便管理和配置。利用大数据技术，实现园区海量异构化数据的处理、融合，为综合管理和联动提供保障。依托近几年成熟的 AI 算法能力，深度探索视频图像、传感器信号等内容信息，形成自动化预警研判手段。另外，配合强大的 GIS 技术、认证管理技术、可视化技术和 Web 与中间件技术，为系统的场景化融合展现、便捷的安全操控管理提供技术支撑。

智慧园区平台重点功能介绍如下：

## ● 综合态势一张图

通过 GIS 可视化技术，对园区建筑整体以及周边环境进行数字建模，展示园区的综合态势以及安全态势，提供直观的展示样板。综合态势汇集园区的视频、门禁、能耗等数据，以城市建筑体征模型为基础，构建智慧楼宇体征指数，形成运行评估体系。安全态势支持人员的位置、姓名、岗位、职责、头像、数量、人员类型、时间、位置、区域等相关信息。支持车辆类型、车牌、颜色、数量、位置、类型、周、月等多维度信息的展示。

## ● 人员检测

借助视频监控、门禁系统、打卡设备等，对人员轨迹进行记录，并以图表形式体现到平台中。支持对进出园区、通道、楼宇、重要区域的人员管理，实现人员的信息提取、侦别、比对、研判、预警和处置等。系统可将闯入、黑名单比中、异常行为等告警事件实时推送到系统平台，并启动自动/人工处置流程。

## ● 车辆监测

支持车辆信息、进出厂区、车底扫描、行为轨迹、异常报警、黑名单管理、数据统计等。车辆的位置、时间、区域、车牌号、车辆类型、用途、司机姓名、头像等。可从本地、图像库选择图片或选择黑名单进行布控，布控事件触发后记录处理过程，可查看布控详情、布控告警；通过平台可自动识别车牌、

车辆的其他属性，可显示和查看车辆轨迹；在卡口位置实现自动抓拍保存，异常车辆自动报警。

### ● 工业打印机设备上云

联通云上装备技术，面向工业打印机提供“连接+网关+平台+应用”解决方案，实现了打印设备的联网上云、数据采集、实时监控、故障告警等应用服务。云上装备底层数据接口与智慧园区平台打通，可在线查看济南、北京两地打印设备的运行参数与实时状态。

#### (2) 工业互联网园区综合服务云平台

工业互联网园区综合服务云平台将采用“1个平台、7个领域业务及1个统一门户”的云+端的信息化建设思路。即基于同一个工业互联网云服务平台进行各模块开发，构建7个核心业务领域云服务，推动业务运营能力提升、管理模式创新，助力实现整个产业园区的质量提升的整体发展战略。工业互联网赋能综合服务平台包含统一云服务平台和产业 SaaS 云共享服务平台。如下图所示：

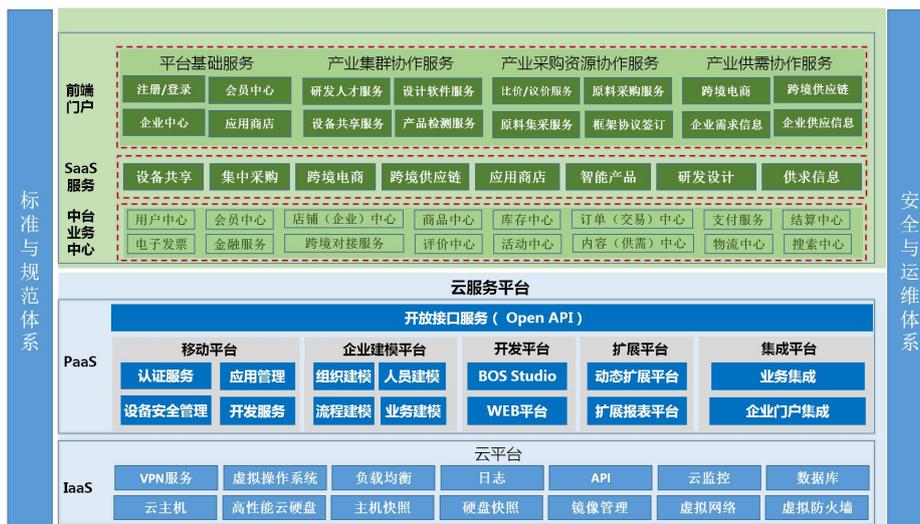


图 3-6 综合服务云平台功能架构

统一云服务平台包含 IaaS 云平台和业务支撑平台，SaaS 云共享服务平台包含 7 个业务领域的创新应用。

IaaS 云平台将提供硬件和软件基础设施服务，包含云主机、高性能云硬盘、主机快照、硬盘快照、镜像快照、镜像管理、虚拟网络、虚拟防火墙、虚拟操作系统、负载均衡、日志、API 及云监控等。业务支撑平台提供应用开发、业务建模支撑、工作流引擎、业务流程建模支撑及用户管理、认证、订单管理、计费、供应链金融等共性服务，为工业互联网综合服务平台上的各 SaaS 应用提供共性的功能支撑服务。

SaaS 云共享服务平台包含 7 个业务领域的创新应用，即：设备共享、原材料集中采购、跨境电商服务、应用商店、智能产品、研发设计及供求信息发布 7 个应用系统：

- 设备共享系统为有剩余产能、可对外赋能的企业建立产能目录，并在平台上展示目录和价格，需求方通过订单进行产能使用的预约排队，并通过系统的结算模块进行

费用结算。通过此系统可提升整个行业的活力，保证资源的充分利用。

- 原材料集中采购系统包括招标、电商订购、仓储物流、供应链金融等功能。系统致力于为企业提供高性价比物料解决方案，集产品可靠性服务、物料优选服务为一体，对原材料供应商数据包括供应商企业资质、供应商产品质量、供应商产品价格等进行分析，为企业筛选出符合采购要求的供应商。在得到委托采购者同意之后，进行采购，发货，完成委托采购合同。原材料集中采购系统可根据买方资信状况，向买方提供融资，用于满足卖方在订单项的原材料采购资金需求。通过此系统可提高采购效率和原材料品质，降低采购风险，降低采购资金压力。
- 跨境电商服务系统主要提供境外贸易出口专业服务。提供出口货物的仓储、物流、货物中转及进出口等服务，帮助企业解决跨境电子商务中出现的通关、结汇、退税、产品安全及征信等系列问题。为中小微企业对外贸易提供高效、便捷、安全、严密的服务和管理平台。
- 应用商店为中小企业提供 OA、移动 OA、财务管理、ERP、CRM 等第三方的云 SaaS 服务商的产品，企业可根据自身需求选择使用相关产品服务。
- 研发设计系统。平台提供研发模拟仿真等第三方的研发

设计工具，企业可根据自身需求选择使用相关产品服务。

- 供求信息发布系统。即时发布行业信息、行业政策、重要新闻、企业供求信息、广告、用工信息、培训等内容。

平台建立统一门户系统，将平台的各种应用、服务以统一界面提供给用户。门户主要分为四大部分服务，包括平台基础服务：为用户提供注册/登录、会员中心、企业中心、应用商店等服务；产业集群协作服务：为用户提供研发人才服务、设计软件服务、设备共享服务、产品检测服务等；产业采购资源写作服务：为用户提供比价/议价服务、原材料采购服务、原材料集采服务、框架协议签订等；产业供需协作服务：为用户提供跨境电商、跨境供应链、企业需求信息、企业供应信息等服务。

### 3 实施效果

(1) 为企业提供 5G 网络+物联网环境，以工业互联网平台为基座，提供工业物联网的 PaaS 以及 SaaS 服务，减少企业投入，降低企业的运营成本和投资风险，助力企业的集约建设。每年为园区节省约 25%人工成本。

(2) 为园区龙头企业金恒丰提供设备上云服务，生产作业过程中在线监控纸张、墨水等设备运行情况，提前预警设备故障，提高寿命预测的准确率；员工巡检负荷率明显下降，助力

检修负荷下降 3.5%，极大提高运行效率。面向全国范围交付的高端打印设备的运行监测有效提升了金恒丰后向市场的服务能力，通过设备远程数采和故障诊断节约上门服务人工成本 40% 以上，前置化的故障响应和快速针对有效助力提升客户满意率。

(3) 德迈产业园区综合服务平台为该项目二期在建，涵盖工业互联网应用服务、面向产业上下游服务和制造协同的电商平台服务、供应链协同服务、对接政府的园区政务服务、对接金融企业的园区金融服务以及为园区业主服务的智慧园区客服平台，特别是通估该平台打造的高端打印机共享服务面向全国提供以金恒丰为代表的高端打印设备资源共享开创了装备制造类企业共享经济的新模式，是推动产业新业态、新模式和新经济的创新。

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

---

# 三一重工北京产业园工业内网与工业外网应用案例

中国联合网络通信有限公司江苏省北京市分公司

---

## 1 项目背景

工业互联网网络建设是工业互联网的重要基础，通过网络实现工业数据的采集、分发、处理、存储以及各相关系统的互联互通，是对工业互联网建设的有力支撑。当前，由于我国工业企业发展水平差异较大，相当一部分企业的数字化、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。信息化水平低、网络多样无统一标准、互联互通难、新技术应用程度低等问题，严重影响了企业生产效率、管理效率，制约了企业发展，也不符合国家“智能制造 2025”的整体规划和布局。

三一重工作为工程机械行业龙头企业，在建设数字中国、智造强国的国家战略大背景下，需要构建一张服务三一重工未来 5 年发展，面向生产、经营管理、用户及产品服务等方面的，灵活、稳定可靠、安全、可持续演进的智能化企业网络。

### 1、工业互联专网须支撑三一重工生产模式变革

三一重工工业互联专网是三一重工实践“互联网+”制造的重要抓手。“互联网+”制造是通过工厂现场、企业 IT 系统、平台、用户和产品设备的互联，以“智能工厂”与“企业 IT 系统”

为基础，实现企业的智能化生产、用户的个性化定制、企业之间的网络化协同和产品的服务化延伸等诸多新模式，有效激发制造企业创新活力。

实践“智能化生产、个性化定制、网络化协同和服务化延伸”四大生产模式，需要企业内网与企业外网密切协同。对于采购、生产、销售、服务全球布局的大型企业集团，需要企业内网（如时延、可靠、企业内网数据安全性）与企业外网特性（如业务吞吐容量、弹性带宽、网络安全等）的无缝衔接。

## 2、工业互联专网须支撑三一重工多基地产业布局发展

三一重工目前在国内有 2 个总部（办公和生产总部），产业园区 20 余个，厂房 75 个左右，在欧洲和美洲等地也有生产基地，销售、服务网络。三一重工的多基地产业布局决定了三一工业互联专网是一张企业内网和企业外网协同一体化的综合网络。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

打造一张可以承受未来五年业务和技术发展需求的企业网络，支撑工业互联网园区基础应用生态，有序高效地推进“智慧三一”的迭代式发展。通过打造云端+骨干网络+边缘计算+5G 专网+5G 终端的方案，打造云网协同的工业互联新模式、新机制。

灵活可靠的适用固定、移动场景的网络接入方式、业务数据和生产数据的隔离传输、恶劣工场环境下的可靠的、低时延网络传输、考虑不同数据传输特性的网络汇聚以及高可靠、大带宽的园区网是三一重工企业内网的基本要求。在数据愈来愈成为企业核心发展要素的背景下，企业内网将不仅是企业内部信息传递的通道，也会成为三一重工精细化管理的抓手，业务发展的推动要素，进而对企业内网的网络开放能力、根据企业业务自身特定灵活配置企业内网的能力和极简运维能力产生强烈需求。

数据传输稳定可靠，带宽弹性可调，灵活的网络接入方式、传输时延控制和网络安全是三一重工企业外网的发展趋势。从三一重工业务发展的角度，数据传输稳定可靠，带宽弹性可调，灵活的网络接入方式，并保证网络传输安全；从长期看，随着远程监控、远程可视化运维，园区协同管理等新兴业务和管理模式的变革，对企业外网的传输时延、弹性带宽和网络安全的会愈发强烈。

## 2.2 系统架构

三一重工产业园区总体架构如图 4-1 所示。

(1) 应用层网络：主要指基于通信网络，建立智能化的生产和管理 IT 应用系统，如智慧园区、智能制造等。

(2) 工业园区 5G 内网：主要建设园区 5G 专网网络，与园区内信息系统（OA、ERP、MES、SCM、CRM 等系统）互联互通，

或通过外部网络与云端互连。

(3) 工业园区外部网络：主要依托于中国联通 CUUI 产业互联网，打造企业与工业云端应用的连接网络，实现工业互联网智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务化转型。企业与公有云的连接需要在可靠性，带宽、时延性能，业务形态等方面进行切合工业领域特点的创新尝试。

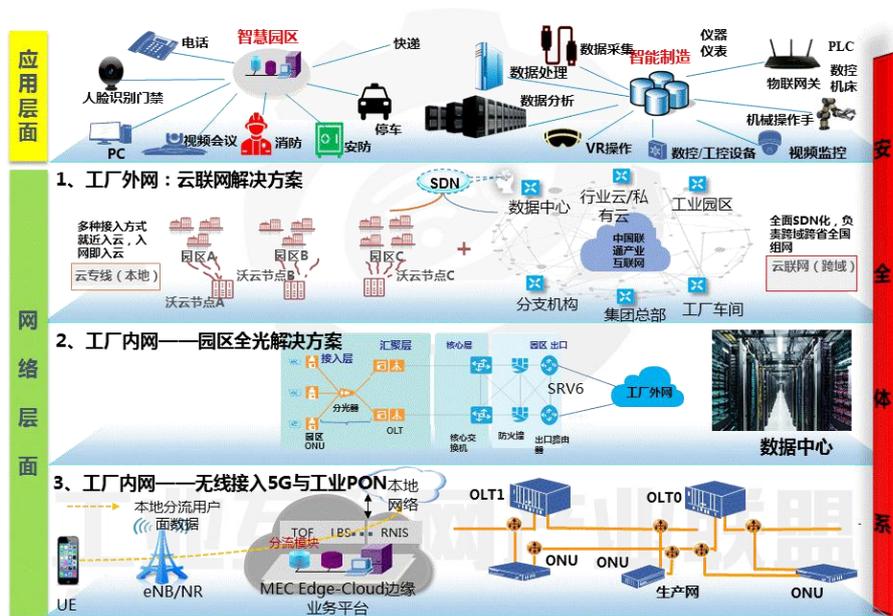


图 4-1 三一重工北京产业园网络整体架构图

## 2.3 网络拓扑设计

### (1) 工业园区 5G 专网

三一重工在北京回龙观产业园、南口产业园布局 5G 工业专网（图 4-2），计划回龙观园区室外宏站 3 个，南口产业园室外宏站 3 个，100%覆盖园区内 5G 信号；同时针对车间 5G 信号的增强，回龙观园区安装室分 2 套（办公主楼、太阳谷试验区），南口园区 1 号桩机厂房安装室分 1 套，满足车间部分重点区域

5G 信号覆盖。部署 1 套下沉园区的 MEC 边缘云平台，实现 5G 园区网络与三一重工内部网络的互联互通，为工业互联网提供灵活高效稳定的网络环境。

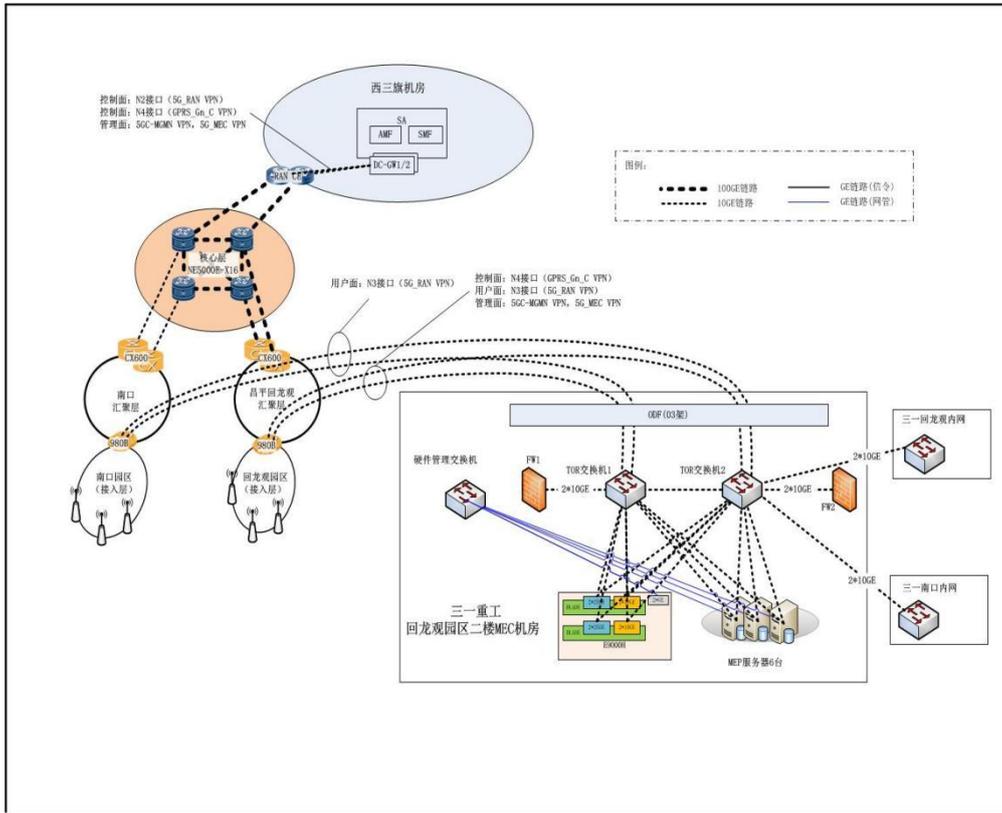


图 4-2 三一重工北京产业园 5G 工业内网拓扑图

## (2) 工业园区外部网络

以联通集团骨干网为承载网络，使用 SDN 技术，为混合云场景（含公有云、私有云及数据中心托管）提供可自服务的快捷、弹性、随选的全网组网解决方案，解决云用户在不同地域，不同网络环境间多云互联互通问题，实现异构混合云组网。

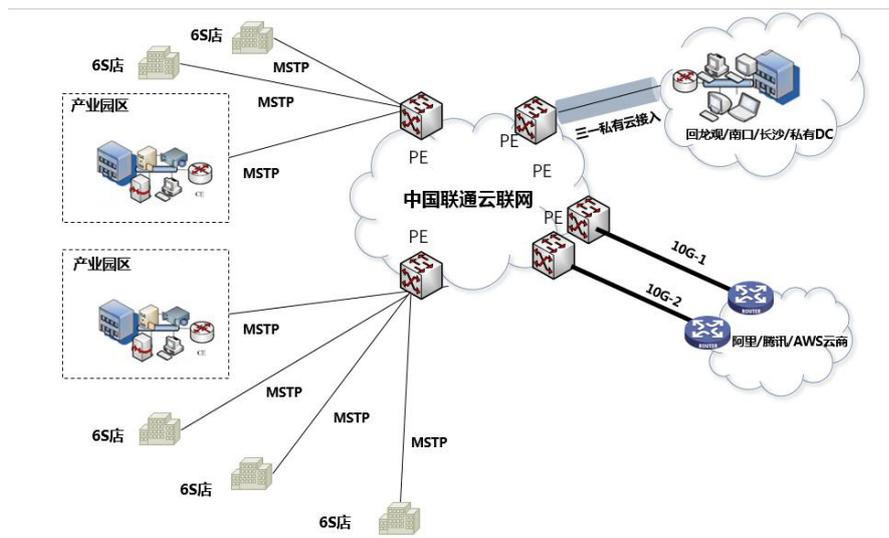


图 4-3 三一重工工业外网专网拓扑图

## 2.4 功能设计

### 1、5G 工业内网

通过无线和控制网元的灵活定制，为三一重工构建一张大带宽、低时延、数据不出园的基础连接网络。用户面网元 UPF/MEC 私有化部署，无线基站、核心网控制面网元根据客户需求灵活部署，为客户提供部分物理独享的 5G 专用网络。该模式下客户网内业务数据本地卸载，可通过功能定制优化，实现客户生产业务不受联通公众网络故障影响，保障生产安全。

(1)5G 室外宏站：6 套宏站已经实现园区室外 5G 网络全覆盖；

(2)5G 室内室分站：在 1 号楼 1-4 层各 28 个，在太阳谷 1-3 层均已部署 15 个室分站实现办公区域内 5G 网络全覆盖。

### 2、工业园区外网

连接三一重工北京南口、北京回龙观、湖南长沙、沈阳重

装等全国 17 个产业园、多家 6S 门店，通过联通骨干网络进行实现数据中心之间互联。网络质量重点关注指标：传送网具备低时延、QOS 分级、带宽弹性、安全要求。

(1) 三一重工各私有云中心节点通过大带宽专线方式入就近接入联通 PE 节点，以满足客户大带宽动态调整的需求。

(2) 三一重工通过联通云联网平台，非常便捷的完成 QOS、弹宽带宽的需求。

(3) 三一通过云联网平台可以便捷实现链路实时监控与流量分析统计。

## 2.5 安全及可靠性

### 1、5G 网络切片安全

采用云化、虚拟化隔离措施等技术实现精准、灵活的切片隔离，保证不同切片使用者之间资源的有效隔离，同时通过多层次安全措施协同，避免越权运维、数据泄露、资源抢占等安全威胁，来规避和消除切片引入带来的额外风险。

### 2、5G MEC 网络安全

针对 MEC 安全应构建完整的安全体系，包括基础设施安全（硬件安全和虚拟化安全），网络安全，边缘计算平台安全，应用安全，能力开放安全和管理安全，以消除 MEC 带来的安全风险。具体到技术应对措施可以包括以下方面：一是对边缘计算设施加强物理保护和网络防护，充分利用已有安全技术进行平台加固并增强边缘设施自身的防盗防破坏措施；二是加强各类

应用的安全防护，完善应用层接入到边缘计算节点的安全认证与授权机制，部署三方应用要根据部署模式明确各方安全责任并协作落实。

### 3、企业办公网安全域

利用“下一代主动防御”技术从云、管、端三方面为工业企业的办公网安全域构建具备防火墙、入侵防御、Web 应用防护、堡垒机、动态防御、白环境等安全功能的完善安全防御体系。

### 4、工业外网安全

(1) 承载于集团骨干网，设备及线路均纳入一类保障级别（集团网管中心+省级网管中心）

(2) 采用多协议标签转换技术在骨干网层面为企业构建 IP 专网，不同企业使用不同标签进行数据隔离，独立路由表确保客户数据无法互访，保证用户数据安全

(3) 自身提供流量工程的能力，可最大限度地优化配置网络资源，自动快速修复网络故障，提供高可用性和高可靠性

(4) 标准配置模板+SDN 自动配置下发，避免了人为失误带来的安全隐患

## 3 实施效果

三一重工 CUII 工业外网已接入 20 余个分支节点，采用弹性带宽动态调整方式相比于运营商传统点对点硬管道专线组网方式在成本上能够下降 20%。

基于 5G+MEC 工业企业内网打造的智慧园区、智能制造的应用场景中：

5G 安防巡检机器人案例实现了原来人工 4 人巡视 8 小时，天黑无法正常巡视，现在改成机器人，1 台机器人 20 小时巡视，有效提升管理效率 40%，降低了管理成本 20%。

5G 云化 AGV 解决了原有 AGV 系统智能化低，运输效率低下，调配不灵活的问题，实现了 AGV 的智能控制，为客户仓储管理效率提升 50%，整体成本降低 20%-30%

5G 机器视觉解决质检工作人力密集成本高、准确率低、效率低等问题，实现高精度，7\*24 小时自动检测，原有模式为 1-2 人采用人工鉴别方式，抽样率只能达到千分之 1-2，且准确率低，引入机器视觉后，可提升检测准确率 25%，降低成本 30%。

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

---

# 格力电器 5G+工业互联网应用示范

中国联合网络通信有限公司珠海市分公司

---

## 1 项目背景

改造前格力电器公司内生产设备整体自动化程度较高，但存在生产现场复杂、场地狭小、无多余布线管道、施工难度大、时间窗短等问题。大部分设备处于独立控制、分散管理的模式，尚未实现生产数据的共享和生产过程的统筹管理，无法满足大量生产设备管理、系统交互的需求。

作为 2025 年智能制造试点示范项目企业、空调行业的智能制造标准制定企业，格力也在规划智能制造带来的企业蓝图。紧跟数字化浪潮，遵循价值导向原则，格力使用准时、准确、快速的 5G 网络验证了十几个应用场景，改善关键制造环节，探索和打造智慧工厂。

## 2 项目实施

### 2.1 5G 网络建设

格力电器珠海园区 5G 企业内网项目建设始于 2019 年底，2020 年 4 月 19 日，国内首个基于 MEC 边缘云+智能制造领域端到端 SA 切片正式交付商用，并测试成功国内首个智能制造领域 RB 资源预留+FlexE+独立 UPF 的 5G SA 切片专网，标志着 5G 端到端硬切片正式在智能制造领域展开应用。具体建设内容如下：

### (1) 5G 覆盖

新建 15 个宏站，152 个 PRRU，满足不同的应用场景 5G 网络性能需求，信号覆盖分为室外覆盖和室内分布系统覆盖，室外覆盖主要覆盖厂区内道路，应用于智慧物流管理等场景；室内分布系统主要覆盖办公楼，厂房，仓库等，应用于产线数据采集、产线关键岗位工艺行为视频 AI 分析、应用系统数据交互等场景。

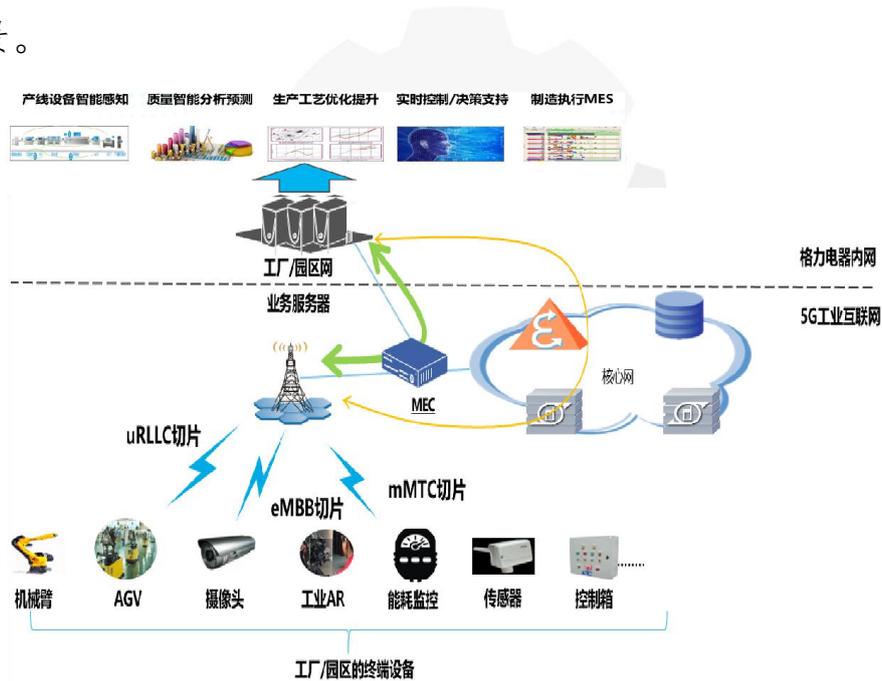


图 5-1 网络示意图

### (2) MEC

MEC 下沉至格力园区，企业专网独享，业务数据不出园区，确保数据安全，机器和设备相关生产数据可通过 5G 网络到达 MEC 平台，并将数据分流至本地工业云平台。无需绕经传统核心网，MEC 平台可对采集到的数据进行本地实时处理和反馈，具有可靠性好、安全性高、时延短、带宽高等优势。

### (3) 切片

格力业务专有切片包括 3 个（切片 1 为关键岗位摄像头、切片 2 为无纸化首检、切片 3 为 AGV 车），配置专有切片 ID 和 DNN 等参数，无线网 RB 资源隔离，传输网 FlexE，核心网专享 UPF。格力业务除专有切片外的其他业务（如工业相机、产线摄像头等）为联通物联网默认切片，配置专有 DNN。

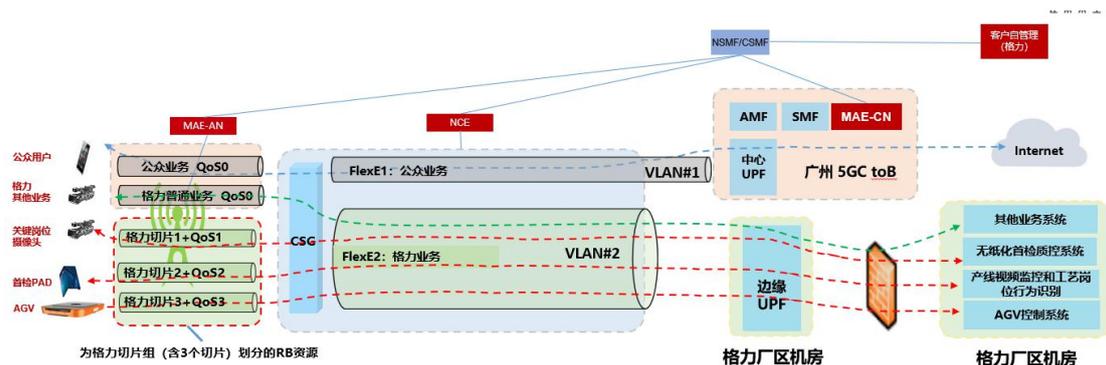


图 5-2 专有切片图示

#### (4) 智能检测平台框架设计

智能检测平台运用大数据技术建立了质量检测数据处理平台，智能检测平台的层次框架如图 5-3 所示，分为数据采集层、数据存储层、数据处理层、数据计算层、数据封装层、数据服务层、应用层。

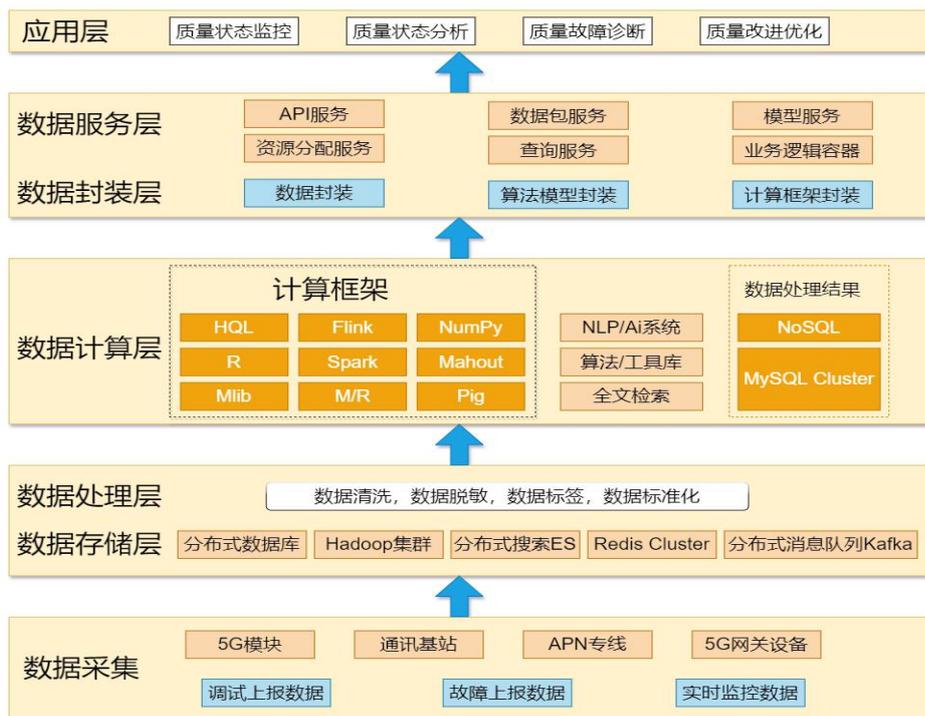


图 5-3 智能检测平台框架图

## 2.2 工业应用

(1) 5G-机器视觉技术应用：引入 5G-机器视觉技术，满足生产过程中不同应用场景的产品机器视觉检测，节约人工成本，提升产品检测精度、准度和速度，实现质量问题 100%受控。

- 电气安全检测：采用机器人+5G 工业视觉定位技术，实现自动调整安规设备参数和整机自动测试，可完全代替人工操作，同时可以通过自动扫描条码与系统关联，实现电气安全测试数据自动采集，提升质量问题可追溯性。



**图 5-4 传统电气安全测试与 5G-电气安全测试**

- **印刷品视觉检测：**通过视觉技术对包装箱 5 个面印刷品和包装箱特征点进行检测，实现包装箱印刷品粘贴质量自动检测。通过自动扫描格力条码获取产品信息，实现自动检测并记录检测数据、自动判断结果、异常报警停线功能及数据可追溯。



**图 5-5 传统印刷品检测与 5G-机器视觉检测**

- **整机外观视觉检测：**自主开发 5G+AI 机器视觉技术对整机外观面印刷品粘贴、螺钉等物料进行检测，实现整机

外观面印刷品粘贴、螺钉质量自动检测。

### 5G+AI整机外观视觉检测

改善前  
人工判定整机外观正确性



改善后  
智能判定整机外观正确性



#### 创新亮点

1. 采用5G+AI机器视觉技术，自主研发机器人+视觉自动检测设备，对空调外观及各类印刷品进行自动拍照比对，应用5G低时延的技术优势，对采集图像进行实时比对分析，实现产品100%检验合格。
2. 通过扫描产品条码，应用5G网络技术，快速获取产品信息，实现自动检测判定，检测异常自动报警，检测数据自动存储，质量可追溯。

#### 改善成效

提质增效	保证产品质量100%检验合格及数据可追溯。
推广情况	首条线体已在总部落地，并推广至空调生产基地。
应用范围	适用于所有空调产品生产线体。

图 5-6 传统整机外观检测与 5G-机器视觉检测

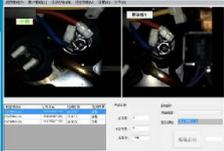
- 压缩机线序视觉检测：生产线配置 5G 的工业视觉相机搭载视觉检测系统，将接插线序进行自动拍照上传比对分析检查，进行 100%视觉检测，实现自动识别接插线序问题，杜绝接错线问题发生，检测到问题后能现场报警提示，还可以通过扫描与系统关联，实现数据自动采集，保存异常图片，提升质量问题可追溯性。同时设备能实现不同机种的快速准确检验，大大提高产品检测的通用性。

### 压缩机线序视觉检测

改善前  
人工判定线序正确性



改善后  
智能判定线序正确性



#### 创新亮点

1. 采用5G+机器视觉技术代替人工检查，通过移动模组及伺服电机可多角度对线序进行检测，实现外机压缩机线序自动检测。
2. 通过RFID无线射频技术自动获取产品信息，实现自动检测并记录检测数据，自动判断结果，具备异常报警停线功能及数据全面可追溯。

#### 改善成效

提质增效	保证产品质量100%检验合格及数据可追溯。
推广情况	首条线体已在总部落地，正推广至空调生产基地。
应用范围	适用于所有外机线体。

图 5-7 传统压缩机线序检测与 5G-机器视觉检测

(2) 5G-生产无纸化：将生产过程需要纸质记录以及人工抄写的内容用信息化系统代替，同时通过 5G 网络实现数据实时传输以及智能分析，实现车间智能化管理。

- 无纸化首检：采用可触摸移动终端搭载全新自主开发的系统，以信息化手段实现电子首检代替纸质首检，同时解决制作首检时误删物料及首检存档的问题，通过 5G 网络实时从云端获取图文信息，快速打开首检文件，大大提高了首检效率，同时电子首检代替纸质首检，实现了质量追溯的信息化管理，节约纸质成本。

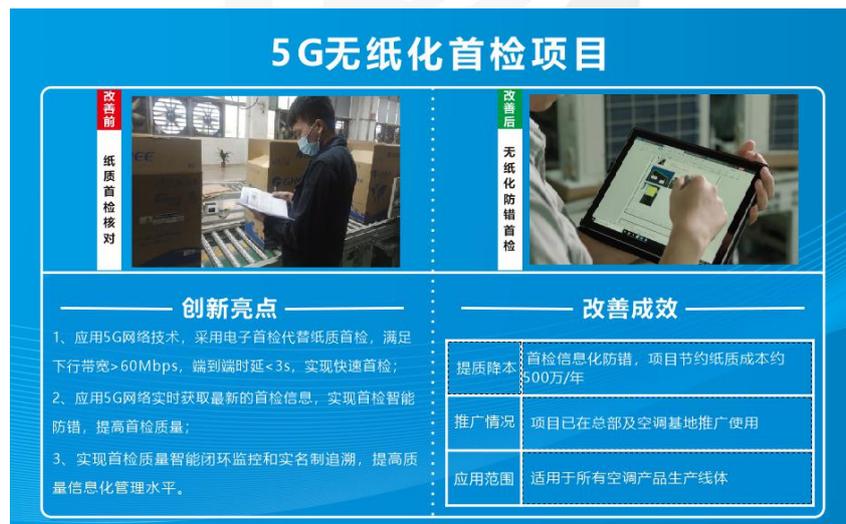


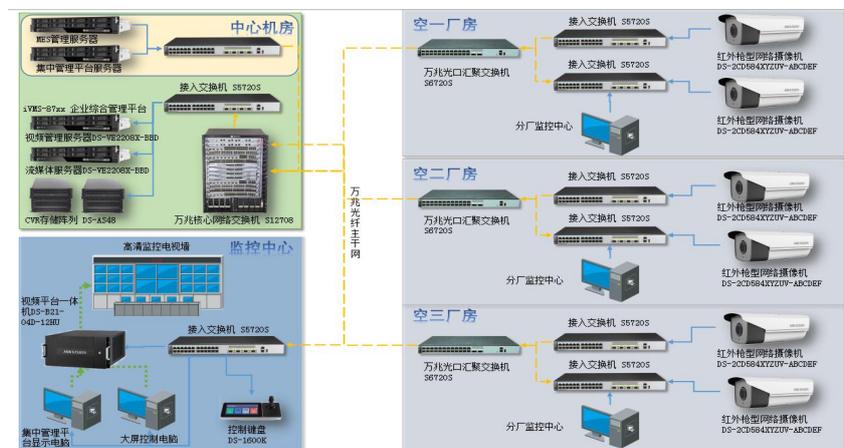
图 5-8 传统纸质首检与 5G-无纸化首检

- RFID 电子质控卡：项目采用 RFID 无线射频技术，将纸质相关信息暂存到 RFID 芯片中，而 RFID 芯片置于工艺板上，采用工艺板循环利用方式，从上线生产到打包下线的全流程信息载体流转，同时运用 5G 网络实现数据的自动采集以及网络实时终端录入，彻底代替纸质记录，更好指导产品装配质量。



**图 5-9 传统纸质质控卡与 5G-电子质控卡**

(3) 5G-AI 视频监控：生产厂区安装高清视频监控，基于 5G 技术的大带宽传输速率，可以实现高清画面的传输，提升画面的清晰度，基于动作分析技术，实现在线智能监控产线上关键岗位人员的生产工序行为，并在监控中心安排专人实时查看，提升生产过程的产品质量控制。



**图 5-10 5G-AI 视频监控总体方案**

(4) 5G-质量大数据平台：格力借助大数据技术、物联网技术对工业制造过程中的人、物、环境和过程实施对象数字化，将数据通过网络实现数据的价值流动，以数据为生产要素，以数据智能分析为基础，以智能化为终极目标，构建了集大数据

平台，实时分析平台、商业智能平台、数据服务开发管理平台以及监控管理平台一体的工业数据中台，覆盖了工业大数据从数据采集、数据治理（企业数据规划、主数据管理、元数据管理、资产管理、数据质量管理、数据安全管控）、数据存储、计算加工、业务建模、数据分析、数据服务、应用展现等数据链路上的每一个环节。为格力各层次业务和用户提供全链路、全渠道的数据服务能力。

### 3 实施效果

利用 5G 技术低时延、大带宽、超高连接数特点对公司现有网络进行改造完成后：

1、此次落地部署的 5G 硬切片，采用无线 RB 资源预留、承载网 FlexE、客户专属 UPF 等技术实现了无线、传输、核心网端到端硬隔离，实现了带宽资源独占和即用即有，按业务场景匹配端到端硬隔离、专属高速通路，整体将格力园区内 5G 终端到企业内网的时延从原来的 20ms 降低到 9ms，降低了 55%，为企业提供了按业务场景更高速率、更大带宽、更低时延、更安全可靠专属网络，有效保证了园区业务的独立性、安全性和稳定性。

2、无线网络替代传统的有线视频回传，有效解决厂区光纤及带宽资源不足而造成的业务回传难题，化解了部分地区管道施工成本高、周期长、铺线难、后期维护困难等痛点，规避了常规光缆连接易受周边环境影响的缺陷，美化生产环境。

3、实现产线数据自动采集以及智能控制、产线动态作业指导、设备智能集控管理、智能物流管理等创新管理，同时将产线不同板块的业务内容进行全面的梳理打通，实现质量信息化的快速决策管理，提高产线的整体质量管理水平。

4、传统人工检验成本每人每年投入 8 万。案例采用 5G-机器视觉技术，完全代替人工检验判定，每条总装产线双班可减少 2 人的人力投入，每条线每年可节约人力成本 20 万元。

5、传统纸质检验需要耗费纸张打印，案例通过信息化系统代替纸质，实现生产无纸化，每条总装产线每年可节约纸张成本 3 万元。

6、传统的产线人员、物料、设备等依赖人工巡查监督，质量管理方式落后，需要投入较多人力。案例通过部署 5G-视频监控，在线分析员工操作动作并预警，在岗反馈时间控制在 12 秒以内，异常情况快速预警响应，显著提升生产过程的质量管理效率，填补行业 5G 行为监控的空白。减少巡查人力成本投入，每个厂区每年可节约人力成本 10 万元。

通过建立全覆盖的 5G 工业互联网专网，打造高效、可靠、灵活、可扩展的工业互联网，以 5G 和 MEC、网络切片等为基础，解耦网关软硬件，统一工业协议和接口，接入融通各种复杂、分散、独立的工业网络，实现工业制造全流程智能控制和工业园区的智慧化，构建高可靠、低时延、强算力工业互联网统一共享的开放平台。充分发挥 5G 网络高速宽带无线资源优势，配

置高性能 GPU、AI、大容量存储等，赋能 MEC 边缘云，简化工业接入终端，实现高清视频、大数据分析、工业协议解析实时处理，工业设备、终端的全连接和快速部署、远程控制、智能维护，实现了开放信息的共享流通和私有信息的安全保密，为格力量身打造了个性化的工业网络，为 5G 垂直行业应用提供典型示范应用案例，为传统制造业升级改造提供可复制模式。



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

---

# 长虹美菱冰箱园区 5G +工业互联网创新应用

长虹美菱股份有限公司

安徽联通

---

## 1 项目背景

长虹美菱股份有限公司,是中国重要的电器制造商之一,中国 500 强企业、安徽省第一家上市公司。总部位于合肥市经济技术开发区,拥有安徽合肥、四川绵阳和江西景德镇三大冰箱(柜)制造基地、广东中山和四川绵阳两大空调制造基地、印尼和巴基斯坦两大海外制造基地,具有年产 1000 万台冰箱/柜、5 万台深冷冰箱、600 万台空调器生产能力。在国内市场,美菱有 40 多个管理中心和合资营销公司,在国际市场,美菱冰箱已远销东南亚、欧美等 130 多个国家和地区,销量连续三年保持 20%以上的增长,2019 年长虹美菱营业收入 92.96 亿元,利润约 1.13 亿。

长虹美菱合肥经开区冰箱园区厂房内随着生产线升级,联网设备的增加,过去多使用有线网络+WIFI 网络,有线电视随意拉线,占用通道资源且出现电缆老化等问题。监控、通讯、控制等多种业务未进行网络切片,造成网络拥堵稳定性差等问题。

厂房内 WIFI 信号覆盖不全、丢包率高,部分场景下受大功率生产机器电磁影响信号弱延迟高,不能满足生产现场人、设备间的互联互通需求。

针对以上网络需求和通点，美菱与联通深入沟通了解基于5G+MEC、工业以太网、工业PON等网络技术的建设方案和案例后，提出了以下几点需求：

(1) 基于5G+MEC建立工业互联网平台，实现订单拉动的柔性精益数字化车间，凝练具有美菱特色的智能化模式。

(2) 网络建设过程中涉及的所有流程、数据及知识进行梳理和管理，对相关的制度、信息化技术等进行全面调整，对家电行业内智能化建设具有重要的参考价值。

(3) 以网络建设为基础，以智能研发、智能管控、智能制造为核心，有效带动企业的智能化升级，对国内开展新一代信息技术与制造装备融合的集成创新和工程应用做出响应。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

长虹美菱以5G全链接智能工厂为目标，在安徽省内家电行业率先部署了5G+MEC专用内网与工业PON两项新型通信基础设施，构建基于工业互联网的网络安全态势感知平台，通过对典型应用场景规划建设，实现N个设备连接点及应用场景的“1+2+1+N”的5G+工业互联网落地实践，安徽联通为长虹美菱5G工业互联网的融合创新应用提供了可靠安全的网络和应用保障。

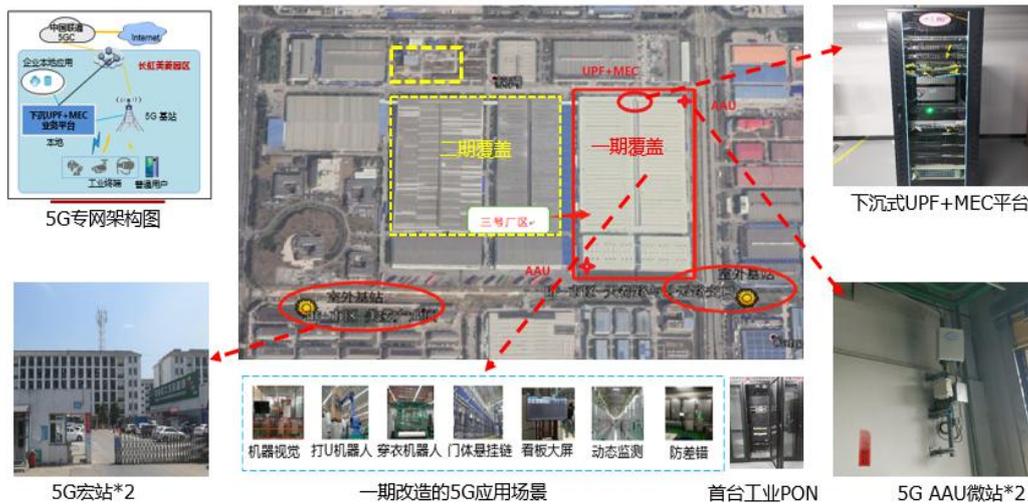


图 6-1 安徽联通 5G+MEC 专网总体方案

安徽联通公司通过提供 5G、MEC、工业 PON、工业以太网等助力长虹美菱合肥市经开区冰箱园区的工业互联网平台实现与自动化生产线、机械手、固定式条码自动扫描设备、可视化系统、智能检测设备等自动化设备的互联互通，以及接入美菱在用的制造执行系统（MES）等业务系统，从而实现设备智能化、生产透明化、物流智能化、管理移动化、决策数据化的智能工厂体系，并同步减少运行成本以及人员的运维压力。

利用 5G 的大连接、高带宽、低时延的三大特性，以移代固，助力柔性制造的改造需求目标，建设了基于 5G 数据传输的生产数据看板大屏解决方案、智能终端动态检测解决方案；以机电分离，设备快速迭代的改造需求目标，建设了基于 5G 数据传输的视觉检测解决方案、门体悬挂链协同制造解决方案、关键零配件智能防差错解决方案；以机器换人，实现降本增效的改造需求目标，建设了基于 5G 数据传输的 U 壳机器人协同制造、穿

衣机器人协同制造解决方案。

## 2.2 系统架构

基于产销研一体化供应链协同管理的工业互联网平台进行美菱冰箱园区内网改造建设，逐步实现研发过程、制造过程、售后服务过程与互联网融合，连通MES、PLM、ERP、CRM、WMS等企业级管理系统，实现底层的产品、装备、生产、研发大数据、售后服务大数据等在一个集成系统中运行，形成数据自下而上快速准确传递、信息至上而下有效精准管理，实现公司的研发、制造和服务之间信息互联互通、数据共享及资源最优化配置，为管理、决策提供理性的依据，逐步打造部门协作实时化、制造响应敏捷化、资源配置动态优化、车间生产透明化的服务型供应链管控能力，实现资源共享化、制造服务化和大数据支持，减少研发设计、产品运营、生产管控各个环节的建设成本。

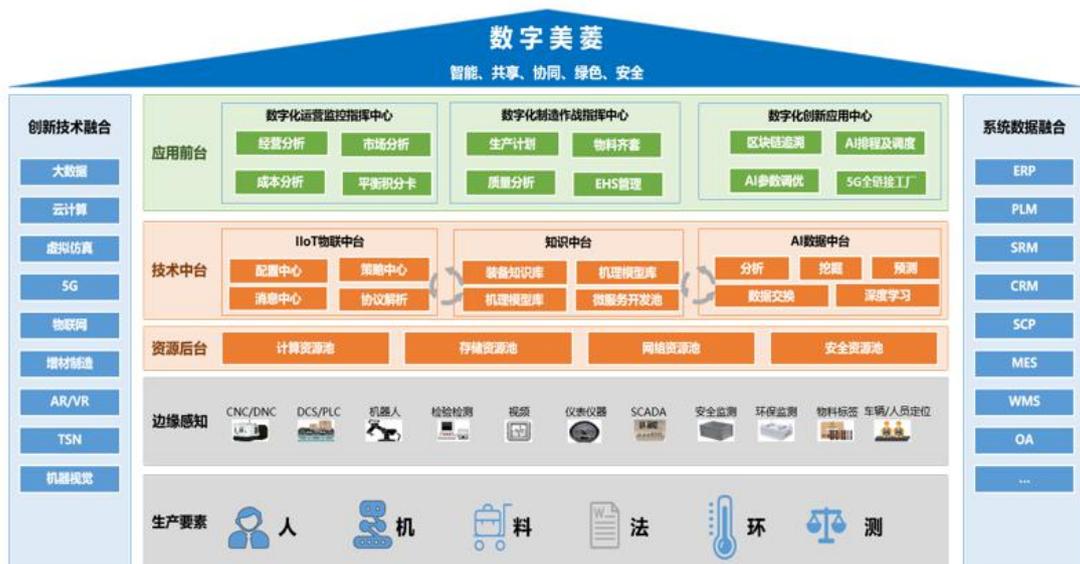


图 6-2 美菱工业互联网系统架构

## 2.3 网络拓扑设计

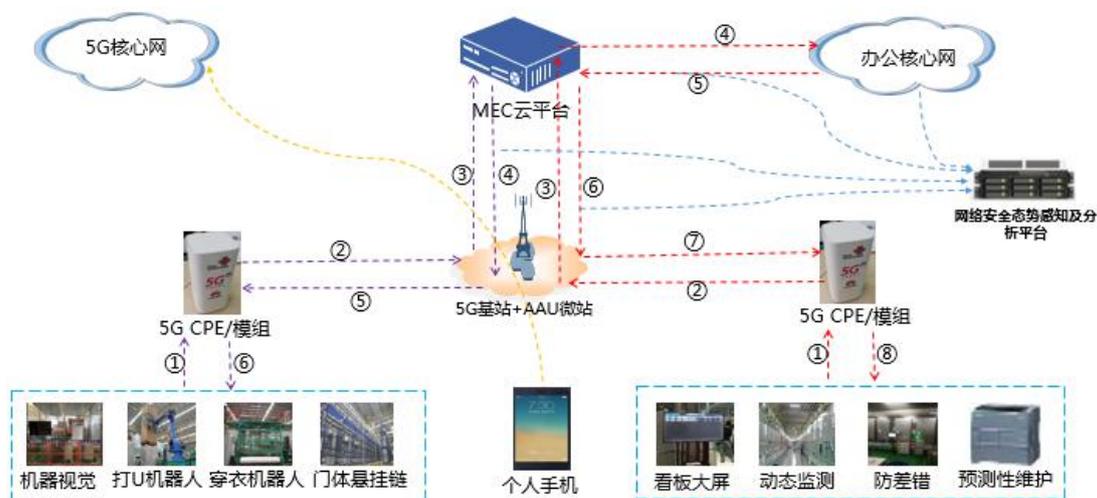


图 6-3 5G+MEC 拓扑图及应用场景



图 6-4 基于 5G 的安全生产数字化

## 2.4 功能设计

### 2.4.1 基于 5G+MEC 应用功能

通过园区周边建设 5G 宏站以及三号厂房内部署 2 台 AAU 设备进行 5G 网络的覆盖，并利用 MEC 设备平台搭建美菱工业园 5G 专网，对多条产线自动化设备进行智能化改造。

(1) 通过 5G 网络助力将 AI+视觉识别+自动化质检+智能防差错系统等智能检测的升级，提升产品制造质量；

(2) 通过 5G 网络实现广泛的设备互联，实现对于设备的运行状态、稼动率、工艺参数的监控，便于企业对于设备制造周期的全掌控，和设备运行、保养、工艺参数的精细化管理；

(3) 通过 5G 网络的泛在性，实现对于厂区内核心工位进行实时数据的展示，以便对产品物料、生产等运行情况进行监控。方便工厂第一时间掌握物料及产品等的使用情况，针对实际情况进行分析，以确保生产的连续性及柔性化生产。

#### **2.4.2 基于以太网的工业大数据应用**

工业以太网正是实现“智能工厂”和“工业互联网”最重要的技术手段之一。美菱应用了从串口设备联网服务器、PLC 设备、工业以太网交换机、工业无线等多种工业网络产品。通过串口服务器和 PLC 设备，可以把工厂内传统的串口设备如机械手臂、CNC 机床等连接到以太网；也可以将生产过程控制系统中的 PLC 控制器等设备和以太网交换机相连，把重要的数据传输到工业互联网大数据中心。



图 6-5 工业互联网大数据平台

### 2.4.3 基于 5G 实现机电分离，满足设备的快速迭代需求

通过 5G+CPE 或 5G 网关的方式对视觉检测等系统进行改造，将图片等数据传输到安装在数据中心的 MEC 平台，并进行相关 AI 运算判断，将运算结果与 MES 系统相糅合后，最终将运算结果反馈给现场设备，现场设备根据反馈结果进行相关控制动作，以完成整个自动判断加过程防呆的效果。



基于5G数据传输的视觉检测



基于5G数据传输的协同制造：门体自动运转

- **技术应用：**5G+MEC+AI
- **创新成果：**通过5G+AI+高清摄像头对产品外观、标识等进行采集，在云端数据库调用图片等信息，通过MEC边缘计算平台进行AI相关运算判断，并将判断结果输出至MES系统、现场看板大屏，实现产品外观的无人化检测。
- **价值体现：**解决了系统的单机部署，实现了产品无人化高效自动监测，降低了人员运维难度，**产品检出率提升了32%**。
- **技术应用：**5G+MEC+RFID
- **创新成果：**通过5G低时延以及MEC边缘计算技术，实现门体从原来的人工转运存储到门体齐套自动高效传输、精准存储、精准供给，实现约14种型号门体无人化存储转运，并获得2项发明专利，实用新型1项。
- **价值体现：**实现钣金门体的运损**从33%降至0运损**，**耗损每年减少约200万元**，直接岗位**减员6人**，实现门体转运的无人化，精准满足客户个性化生产需求。

图 6-6 机电分离，实现设备快速迭代

## 2.4.4 基于 5G 实现协同制造，满足柔性定制需求

通过 5G+CPE 或 5G 网关的方式对自动化设备：穿衣机器人、U 壳机器人等协同机器设备进行改造，实现了原先自动化的设备向智能化、协同化进行转变。场景已在冰箱内胆、箱壳等模块工序展开复制研究。



基于5G数据传输的协同制造：自动穿衣机器人

- **技术应用：**5G+MEC
- **创新成果：**通过5G低延时及移动边缘技术，自动穿衣机器人实现了在后台进行高速锁定产品、以及零部件规格，高速实现不同产品不同客户产品的精准套袋，**目前实现了3种不同规格产品的“穿衣”，为业内首创；**
- **价值体现：**解决了系统的单机部署，实现了产品无人化高效自动“穿衣”，精准满足客户个性化生产需求。



基于5G数据传输的协同制造：打U机器人

- **技术应用：**5G+MEC
- **创新成果：**通过5G网络对U壳下线机器人进行改造，数据经过MEC边缘计算引流至MES系统进行数据交互，使U壳下线机器人实时对部件型号的智能识别、判别型号的工艺规格等，达到自动上料、冲切、辊轧、折弯、打U等过程的自动化、智能化。
- **价值体现：**解决了从原来人工手动换模变为现场工业设备自动控制切换，相对人工**提升了U壳产能15%**及过程实现无人化生产，高效满足不同客户不同产品的冲孔切换。

图 6-7 协同制造，柔性定制生产

## 2.4.5 工业 PON 应用

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。



安徽省首台工业PON应用示范点

- **技术应用**：工业PON
- **创新成果**：安徽省首台无源光网工业PON（无源光网）应用示范，采用无源全光纤扁平网络架构：一根光纤实现网络全覆盖，融合各种网络业务场景（如：数据、语音、工业协议等）；端到端的二层网络架构，减少数据转发。
- **价值体现**：解决传统电交换机运维难、部署难，**降低了20%的运维费用及人员工作量，每年节约光纤及实施费用约10万元**，降低了数据转发的延时，同时确保数据传输的稳定性和安全性。

图 6-8 工业 PON 建设

## 2.5 安全及可靠性

安徽联通为长虹美菱提供安全态势感知系统，紧紧围绕信息安全威胁三要素“资产+威胁+脆弱性”，以网络层为基础，实现对资产、安全事件、威胁情报、流量进行全方位的态势感知。

- **资产识别**

针对企业内部信息资产进行统计和分析，并对资产行为展开分析和统计，找到资产上暴露出的脆弱性和安全风险；

- **追踪取证**

通过对企业内部全网络的流量分析，依赖异常行为、终端行为、APT 行为、资产变化、安全事件等维度，有效地展示企业内部存在的安全威胁和风险；

- **威胁情报监测**

结合威胁情报特征库对企业遭受的 APT 组织攻击行为进行有效捕获。

- **流量管理**

对企业内部的网络流量实现实时监控和分时统计功能，可以按照不同的 IP 统计其上行、下行等流量的使用情况。

### 3 实施效果

长虹美菱在安徽省家电行业率先部署了 5G+MEC 专用内网及工业 PON，通过 5G 的大连接、高带宽、低时延的三大技术特点有效的解决了美菱乃至家电行业的以移代固、机电分离、机器换人等卡脖子问题，并通过一期 7 个典型应用场景的规划与建设，长虹美菱实现了冰箱外观检出率提升 32%、生产效率提升了 25%、门体运损率及压缩机差错率精准 100%管控（其中运损率直接节约 200 万元/年）、动态检测成功率提升了 20%。

通过基于 5G 专网对制造体系的 ICT、OT 升级再造，将传统的自动化单机设备实现联网管理，实现设备数据可采集、可控制，建成基于大数据的智能运营管理平台，重塑制造业务流程，极大提升管理和决策效率；利用 5G 助力工业互联网，提升生产过程控制的智能化，目前已完成部署首台工业 PON，成功开展了 AI 视觉检测、门体自动旋转、自穿衣机器人、智能终端动态检测等典型应用，在厂房面积、产线用工数不变的情况下，提升产能 20%，降低制造成本 15%，检测质量提升 32%，年均经济成本减少约 300 万元。该项目为 5G 在家电行业乃至离散制造业的深度应用提供了有力示范。

---

# 基于物联网的工业互联网化工园区公共管廊服务网络建设

上海化学工业区

---

## 1 项目背景

上海化学工业区是国家级经济技术开发区，位于杭州湾北岸，横跨金山、奉贤两区，规划面积 29.4 平方公里，被评为国家首批新型工业化示范基地、国家生态工业示范园区、全国循环经济先进单位、中国智慧化工园区试点示范单位。

公共管廊是化工园区内特有的公用基础配套设施，通过公共管廊，气体、液体物料得以在各企业之间、工厂与码头之间便捷、高效流动，已为世界先进化工区普遍采用。然而，在发挥公共管廊高效、经济等优势的同时，如何确保公共管廊长期安全可靠地运行，也成为决定园区能否安全、可持续发展的关键问题。提高化工园区公共管廊安全管理水平，显得尤为迫切。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

上海化学工业区基于物联网的工业互联网化工园区公共管廊服务网络，建设内容可以总结成“112”，即一个具有数字双胞胎的智慧管廊、一个智慧管廊服务云平台，加上大数据融合分析处理和智慧管廊运维服务两大系统。

## 2.2 系统架构

基于物联网的工业互联网化工园区公共管廊服务网络的总体架构如图所示，可以简单总结成“一张脸、一个脑和一颗心”。其中，一张脸指的是智慧公共管廊服务系统，一个大脑指的是公共管廊大数据分析系统；一颗心指的是公共管廊服务云。在三横三纵覆盖整个化工园区的公共管廊基础上，铺设了化工区的实时安全监控光纤网络系统。



图 7-1 总体架构

## 2.3 网络拓扑设计

基于物联网的工业互联网化工园区公共管廊服务网络融合了本单位原有 GIS 平台、安全监控系统，以及相应的传感器设备，相关人员可通过 web 直接查看管廊运行状态，网络拓扑如图 7-2。

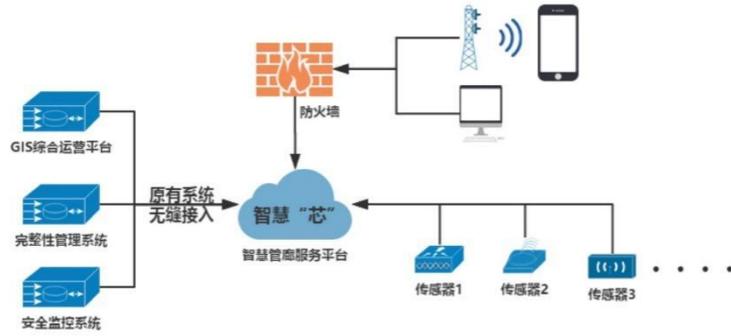


图 7-2 网络拓扑

智慧管廊服务平台在平台功能设计、实施过程、业务处理模式方面充分参考国际标准和国内外先进案例，构建包含数据获取、数据处理、状态监测、健康评估、预测评估、决策支持、表达七个层级。其中：

1. 数据获取层：实现数据采集、传输与存储等，包含无线气体传感、光纤传感器、视频监控等获取相关数据采集设备；

2. 数据处理层：数据处理层的输出包括过滤后的传感器数据、实际的传感器信号和其它特征量。该层接受来自数据获取层或其他信号处理模块的信号和数据，使用专门的特征提取算法进行单个或多个信道的信号转换；

3. 状态监测层：状态监测层接受来自数据获取层、数据处理层和其它状态监测层的数据，主要作用是将特征值与期望值或运行阈值进行比较，输出到状态指示器上，也可以根据事先规定的阈值发出警报。同时在本项目中，该层还包括视频监控信息；

4. 健康评估层：接受来自不同的状态监测器或其它健康评估模块的数据，当被监测的系统、子系统或设备部件退化时，

确定它们是否健康，并对故障状态提出具有一定置信度的建议；

5. 预测评估层：根据设备当前的健康状态预测设备未来的健康状态；

6. 决策支持层：接受来自健康评估层和预测层的数据，给出相应数据报告和决策建议，为决策提供数据支撑；

7. 表达层：显示健康评估、预测评估或决策支持建议以及报警的人机界面，具备报告异常状态将在什么时间出现的能力。

## 2.4 功能设计

1. 建设基于数字化双胞胎模型的智慧公共管廊服务系统，实现化工区管廊运营和安全管理的一体化。

智慧公共管廊的建设，面向化工区产业发展的实际需求，对现有管廊架构进行新建和部分扩建，在物理世界中形成化工区管道运输服务的公共管廊。

其次，基于 GIS 平台打造信息世界中的公共管廊数字孪生系统，形成具有数字化双胞胎模型的公共管廊。实现对工程、安全环保和运行等的一体化业务支持能力。

最后，通过智慧管廊“一张脸”，赋能企业内外用户通过统一的渠道开展业务。



图 7-3 公共管廊数字孪生

2. 以公共管廊数据孪生模型为基础，实现数据智能驱动的管廊安全管理和服务。

数据智能驱动的管廊安全管理和服务首先体现在面向管理者的驾驶舱，基于业务流程中的实际闭环数据，定制化地开发响应的机器学习算法，通过数据的不断积累持续提升算法质量，使数据和算法成为各部门提升智慧化的驱动力。



图 7-4 基于闭环业务数据的定制化数据模型

3. 建设立足上海化工区产业集群生态，辐射全国化工区的公共管廊服务云。

面向化工产业集群生态打造需求，建设化工区公共管廊服务云，实现服务能力跨企业、跨地域的扩展，同时基于多租户架构可以方便地满足不同企业的定制化需求。

## 2.5 安全及可靠性

上海化学工业区公共管廊有限公司建设了高清视频监控、无线气体传感器、部分路段的激光对射防入侵的安全监测网络。如图所示，网络由光纤、有线网、4G、无线 wifi 配合衔接统一，承载起上述监控系统。对管廊结构、管道以及现场安全管理进行监控和检测，通过对多源数据信息的分析，建立一套能够对

结构荷载安全、非法入侵、突发事件、违章行为等内容进行识别和报警的监控网络。

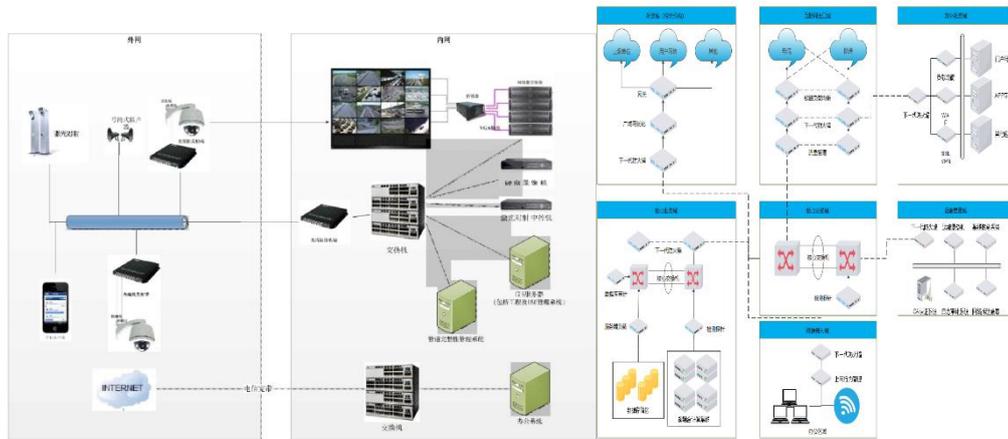


图 7-5 安全监测网络

本系统按照信息系统二级安全管理的要求，以及相应级别安全保障体系的要求，按照基础设施、系统应用安全、安全管理体系三个安全层面，制定系统的安全保障方案和具体的安全措施。

基础设施根据系统部署方案与安全域划分，将内网与其他通信网络采取适当的安全隔离措施，通过 VLAN、防火墙保护安全域边界安全。

防病毒系统预防病毒在系统所在安全域内传播、感染和发作用网络防病毒系统防范病毒入侵和传播，利用专业设备针对规模的 DDOS 攻击进行防护，进行专业清洗，形成报表。

入侵检测系统用于及时发现操作系统、数据库系统、应用系统以及网络协议安全漏洞，防止安全漏洞引起的安全隐患。同时保护系统不受侵害后续项目利用漏洞扫描系统解决漏洞扫描问题，发现和修补安全漏洞，对各种入侵和破坏行为进行检

测和预警。

入侵防御系统通过安全措施，实现主动阻断针对信息系统的各种攻击，如病毒、木马、间谍软件、可疑代码、端口扫描、Dos/DDos 等，实现对网络层以及业务系统的安全防护，保护核心信息资产的免受攻击危害。

设备可靠性设计确保系统关键设备服务器避免单点故障问题。核心采取双链路冗余配置，确保在系统出现故障的情况下能够重建恢复到出现故障前的状态。

### 3 实施效果

借助两化融合和数据智能技术形成了以下新型能力：

1. **基于公共管廊建筑主体实现覆盖化工区的安全监控光纤网络系统的建设与持续改进。**基于该光纤网络技术部署的高清摄像头、气体传感器、热红外成像仪、测厚仪、巡检机器人等终端检测设备，构建公共管廊安全监控体系。

2. **基于“数字孪生模型”的数据智能，实现公共管廊业务能力的持续智能化提升。**公共管廊智能服务云在化工园区公共管廊管理领域提出和实践“数字化双胞胎”尝试，通过基于 GIS 平台实现整个管廊运营过程的数字化，基于实时在线数据建立机器学习模型，对公共管廊面临的风险做到提前预警、提前防范。基于统一的大数据智能分析系统，实现了基于机器学习的管廊风险评估。



动的风险分析和基于多米诺事故的应急辅助决策。管道碰撞分析针对园区内客户的管道上架需求，实现数据智能驱动的管道碰撞仿真分析；数据驱动的风险分析通过引入多种数据挖掘算法和中文文本处理等技术，对管廊管段进行了聚类建模和特征总结，针对巡检文本进行了文本分析和描述与问题间的关联分析。基于多米诺事故的应急辅助决策，通过开展管廊事故多米诺效应机理研究，对管廊事故多米诺事故风险进行评价，研究建立危险化学品火灾特性、类型、对相邻管道和管廊的影响、周边环境、气象条件等多因素耦合下的消防力量、消防资源需求模型，辅助制定科学合理的事事故应急决策方案，科学高效的开展事故救援，降低事故损失。

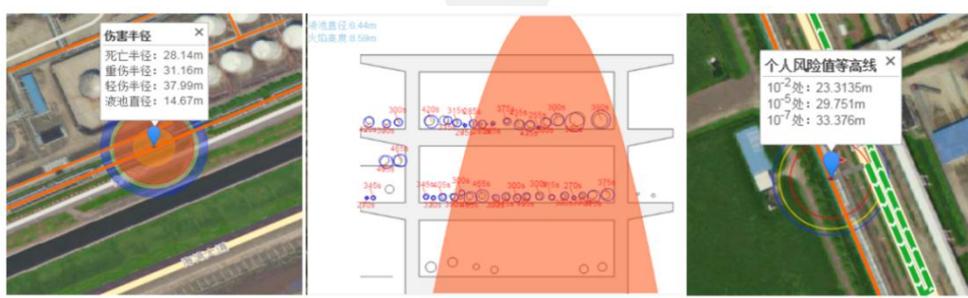


图 7-8 基于多米诺事故的应急辅助

2. 通过云服务，支撑管理最佳实践以管理体系贯标和信息化能力的方式走向全国。上海化工区多年来通过 1+1+1 安全管理保障体系有效地保障了园区的管道的安全运行，主导起草了国家标准 GB/T36762-2018 《化工园区公共管廊管理规程》，为其他化工区管廊的安全管理提供明确、可适用的参照依据。通过建设基于云计算技术的化工区公共管廊智能服务云，有助于将先进

的管理体系和服务能力实现跨企业、跨地域的扩展，快速地把智慧管廊服务体系扩展到上海及全国其它地方，起到引领和示范作用。

基于工业物联网的公共管廊智能服务云成功地减少和预防管廊事故发生，经济合理地保障管廊的安全运行，实现管廊内部的跨部门业务协同。帮助化工区公共管廊的管理和综合服务能力位列国内领先水平的同时，成功输出管理经验，引领整个行业提升管理和服务水平。具体成果如表 7-1 所示。

表 7-1 指标情况表

指标	指标内容	指标完成情况	备注
工业互联网 指标	企业增效	使管廊巡检效率提升 10% 业务整合率大于 60%	两化融合由单项应用向综合集成的转变
	企业提质	将顾客满意率提升到 98%以上	运维模式由预防式向预防+预测结合式转变; 产业集群持续互动
	企业降本	新增客户共计 10 家 增加管位建设面积 1 万平方米	单位管廊的运维成本的降低
	企业降风险	百万工时伤害率小于 0.8	管理方式实现由被动响应式向主动预测式转变
	企业 社会担当	为周边乡镇提供 8%/年的回报率	带动周边村民共同发展，分享化工区发展的成果
	两化融合	建立两化融合管理体系	通过了两化融合管理体系评定

基于物联网的工业互联网公共管廊服务网络建设，符合《上海化学工业区智慧园区建设总体规划纲要（2016-2030）》和《关于全面推进上海化学工业区数字化转型的实施意见》，是上海化学工业区智慧园区建设内容中智慧生产和智慧服务的重

要内容，是园区数字化转型中“生产服务数字化”工作的重要组成部分。公共管廊网络的建设，大大提升了园区精细化管理服务能力。



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

---

# 武汉京东方工业互联网园区生产网络规划

北京中祥英科技有限公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

武汉 10.5 代线项目位于武汉临空港经济技术开发区，该项目总投资 460 亿元人民币，于 2018 年 4 月 9 日正式开工建设，项目总占地面积 1132 亩，总建筑面积 140 万 m<sup>2</sup>（其中生产厂区约 130 万 m<sup>2</sup>，生活配套区约 10 万 m<sup>2</sup>）。项目 2019 年 12 月底实现全面量产，2020 年 8 月实现单月盈利，12 月实现累计盈利，2021 年 2 月达成设计产能 120k/月。



图 8-1 武汉京东方鸟瞰图

### 1.2 园区网络需求分析

武汉京东方 10.5 代线工业互联网园区网络建设的目标是建

设新网络系统，满足 FA 生产网对基础设施提出的各种新需求，同时能够方便灵活的引入并利用各种最新技术。即：一方面，它能适应未来大集中系统的需要，满足不断发展变化的业务需求；另一方面，它要能兼顾到技术的发展趋势，方便用户未来灵活便捷地引入各种先进、实用的技术。

通过本次项目的建设，最终目的在于完善 IT 信息化建设，结合以往项目建设的经验，通过对生产技术部门、智能制造部的技术交流，存在的需求如下：

- FA、OA 之间通过防火墙进行隔离控制；
- FA 网络结构采用三层架构模式部署，分为核心层、汇聚层以及接入层；接入层、汇聚层、核心层设备间使用万兆冗余链路互联，千兆到桌面；
- 核心层设备间需使用成熟的虚拟化技术，优化整体网络架构，提升系统运行效率和网络可靠性；
- 接入层交换机根据应用做不同的选型；
- 在与公网出口间部署防火墙保障网络安全；
- 在整个网络中采用 SDN 技术进行组网；
- 部署一套网络平台管理系统维护网络。

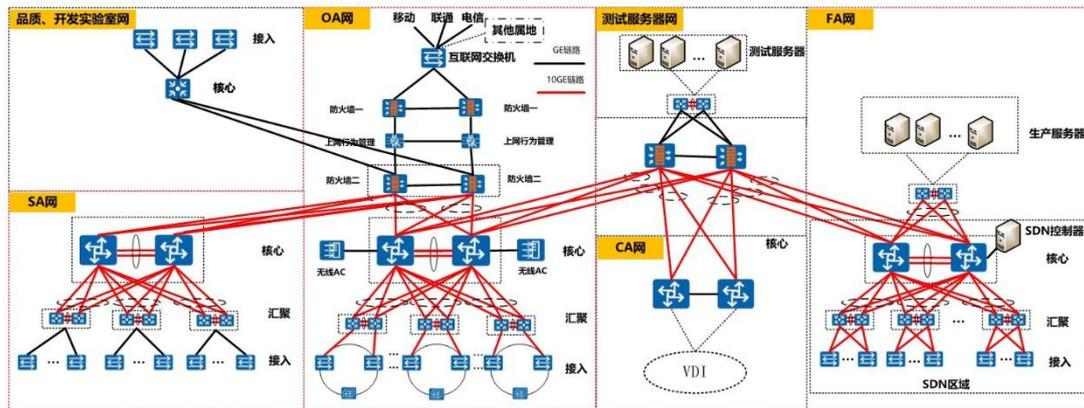


图 8-2 武汉京东方园区网络整体拓扑图

网络主要分为 OA 办公网、FA 生产网、SA 监控网以及品质、开发实验室网络和服务区等。OA/FA 之间构建防火墙，将 OA/FA 划分在不同的安全域，保证外界不能直接进入 FA 网络，确保生产网络的安全。

FA 生产网络也可以理解为 OT 网络，分为 OT 骨干网络与 OT 现场网络。OT 骨干网连接不同生产工艺、洁净间，实现工厂之间与数据中心的 MES 服务器互联。OT 现场网络较 OT 骨干网络相比，其种类繁多，缺乏开放性，在一个工厂可能有多达上千种设备需要连接，在此之前有 Profinet、Ethernet/IP、Modbus TCP、EtherCAT、Powerlink、EPA、CC-link、EIP 等多种协议共存。以上协议大部分都是自成标准体系，是一个封闭的软硬件系统。在面板制造过程中对生产的过程要做到精准管控，以往的管理方式过于复杂且厂商如果无法提供服务后也会对后期设备改造、良率提升等造成不便。因此在建厂之初我们就考虑到 OT 骨干网与 OT 现场网的标准化和融合，实现生产过程中周期性数据和非周期性数据在同一个网络中传输。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

武汉京东方工业互联网园区 FA 生产 OT 骨干网用核心交换机、汇聚交换机、接入交换机来构建三层网络架构，整体网络利用 SDN 技术，构建 VXLAN 网络。核心交换机采用双链路、冗余互备方式及负载均衡，需做双引擎配置，必须确保不宕机，核心交换机与汇聚交换机采用 10G 光纤连接。每个汇聚间的两台汇聚交换机，双引擎双机上联，冗余互备，负载均衡。汇聚交换机采用单模光纤万兆级联的方式由汇聚层引出然后分发到其他普通交换机。接入交换机为三层交换机，提供千兆到桌面的部署方式。

OT 现场网络设备侧 PLC 与边缘计算 EAS(Equipment Automation System 设备自动化系统)采用两种 TSN(Time Sensitive Network 时间敏感型网络)连接方式。第一种采用采用的是三菱电机的 CC-link (Control &Communication Link , 控制与通信链路系统)的方式，第二种采用的是 ODVA 开发的 EIP (Ethernet Industrial Protocol, 工业以太网协议)是一种传统以太网与工业协议相结合的技术。

### 2.2 系统架构

#### 2.2.1 制造执行系统 (MES)

MES 系统 (Manufacturing Execution System) 是一套

面向制造企业车间执行层的生产信息化管理系统。主要功能包括制造数据管理、计划排程管理、生产调度管理、库存管理、质量管理、人力资源管理、工作中心/设备管理、工具工装管理、生产过程控制、底层数据集成分析、上层数据集成分解等管理模块，为企业打造一个扎实、可靠、全面、可行的制造协同管理平台。

MES 通过和设备的自动化通讯，实现生产过程无人化、自动化的效果。通过对生产原材料、半成品、成品的控制，监控产品品质，记录产品生产过程及工艺参数和设备参数，从而减少材料浪费，降低人力成本，提供产品品质，使管理者成为生产的全程控制者，并把 ERP 所需要的生产数据通过接口传送给 ERP 系统。

### 2.2.2 设备自动控制系统 (EAS)

EAS (Equipment Automation Solution) 采用半导体行业国际设备标准化通讯协议 (HSMS)，实现 MES 服务器端和产线生产设备间通讯。可以实现设备端收集的信息上报给 MES 服务器，也能将 MES 服务器端的信息或命令下达给设备。生产线中的产品、物料、设备控制、执行、报警(设备和品质)、工程数据都是通过 EAS 实现设备与服务器的实时通讯。

武汉京东方工厂智能制造的实现，关键在于从生产过程中收集实时数据，通过边缘计算对其进行初步处理，然后将其无缝传输到 IT 系统。充分利用好生产现场数据，能进行高

速、稳定的控制信息通信以及向 IT 系统传输大量信息的网络，是必不可少的。换言之，重点是将生产现场的工业网络与 IT 网络相结合。

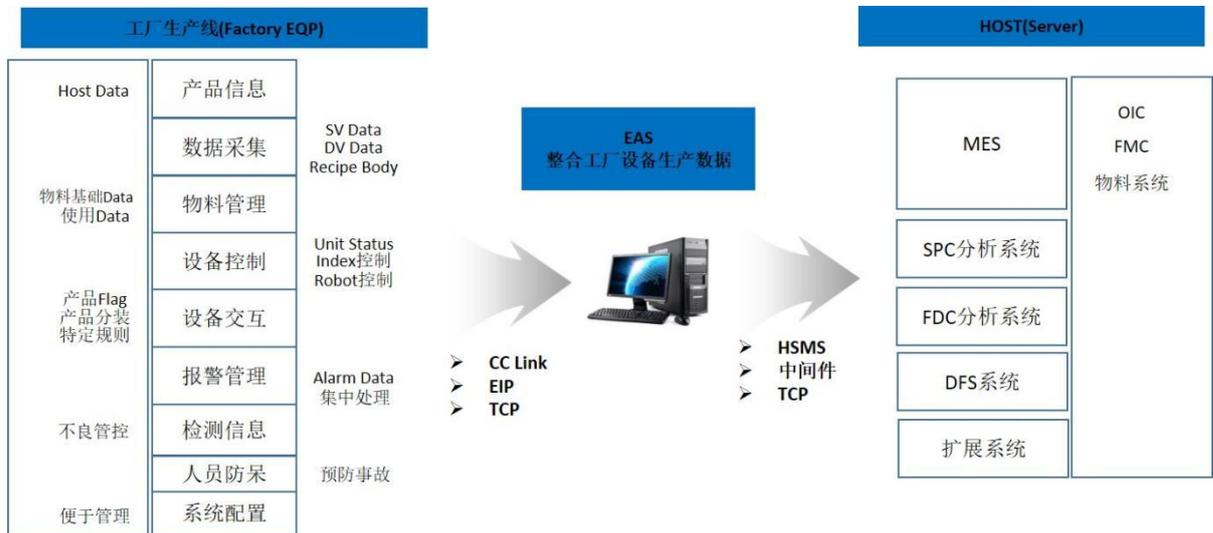


图 8-3 EAS 系统架构图

## 2.3 网络拓扑设计

### 2.3.1 FA 生产 OT 骨干网络设计

武汉京东方 FA 生产 OT 骨干网采用层次化设计（见图 8-4），主要分为核心层，汇聚层，接入层三层网络架构设计，通过基于 SDN 的 VXLAN 技术实现全网无广播风暴的健壮二层架构，满足现场 OT 网络设备连接的同时使网络变得柔性灵活：

**核心层：**核心层由两台高性能核心交换机组成，主要承载数据的高速转发，对上可作为 FA 网络出口的 VXLAN 网关边界 Border leaf，对下作为汇接各区域汇聚交换机的 Spine 节点。

**汇聚层：**作为接入设备的第一跳网关，汇聚交换机同时作为网络的 IP 网关和 VXLAN 网关，通过 SDN 技术，实现汇聚交换机共同构建分布式网关，并启用 ARP 代答功能保证无环路二层，汇

聚层支持 VXLAN 特性，完美支持 SDN 技术落地生产网。接入层：提供网络的第一级接入功能，完成简单的二、三层交换，安全和 POE 功能都位于这一层。

### 武汉 (B17) 厂区FA网方案

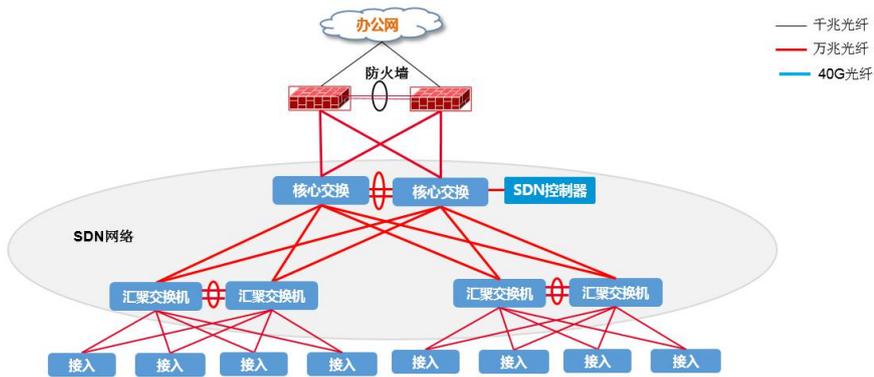


图 8-4 武汉京东方 FA 生产 OT 骨干网络整体拓扑图

### 2.3.2 FA 生产 OT 现场网络设计

➤ Network\_1 : CC Link, 环形方式

➤ Network\_2 : EtherNet/IP, 星形方式

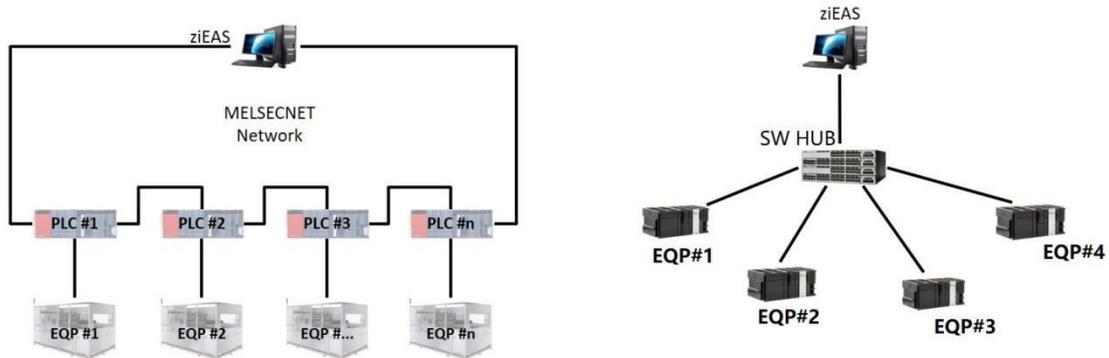


图 8-5 两种 OT 现场网络系统架构图

CC-link IE TSN 将千兆以太网带宽与时间敏感网络 (TSN) 相结合，在确保控制数据通信实时性的同时，实现在同一个网络中与其它开放式网络、以及与 IT 系统的数据通信，支持 OT 与 IT 的有效融合。CC-Link IE TSN 通过赋予设备控制循环通信高优先级，相对管理信息通信优先分配带宽，实现使用实时

循环通信控制设备；使用时间分割以及双向同步通信的方式，实现周期少于  $31.25 \mu s$  的高速通信。CC-Link IE TSN 将使用各自不同通信周期的不同性能的设备连接在一起使用。最大化发挥网络上从站产品的使用潜能，提高整个系统的生产。

以往的 CC-Link IE 为了有效发挥其 1Gbps 带宽，设备开发厂商需要使用专用的 ASIC 或 FPGA 的硬件方式开发主站或从站产品。CC-Link IE TSN 对应产品则可以通过硬件或软件平台开发。在延续以往通过使用专用的 ASIC 或 FPGA 的硬件方式实现高速控制外，也可以在通用以太网芯片上使用软件协议栈方式开发主站或从站产品。

通信速度不仅对应 1Gbps，同时也对应 100Mbps。设备开发厂商可以选择适合自身的开发方式实现 CC-Link IE TSN 兼容设备的开发，同时兼容产品的品种和数量的充实也给用户带来便利。

EtherNet/IP 通过将 CIP 协议、TCP/IP、以太网这三者组合之后得以实现。借助 CIP 协议，以太网可以集成到设备级，能给用户提供诸多优势，如通用配置、跨越几个网络收集和制数据，通过 TCP/IP 连接到公司内部网，在所有工作级上提供连续的信息流。EtherNet/IP 是基于 TCP/IP 系列协议，因此采用以原有的形式 OSI 层模型中较低的 4 层。所有标准的以太网通信模块，如 PC 接口卡、电缆、连接器、集线器和开关都能与 EtherNet/IP 一起使用。

在通信机制上，EtherNet/IP 具有定时收发数据的周期通信（Implicit 信息）和不定时收发指令/响应的信息通信（Explicit 信息）两种方式。武汉京东方现场采用周期通信方式，在周期通信中，可按照收发数据的优先程度来设定 RPI（通信周期），实现了通信周期在不同设备、不同消息间灵活调整与按需配置，从而可以调整整体的通信量来收发数据。

## 2.4 功能设计

### 2.4.1 FA 生产 OT 骨干网络功能设计

网络核心区作为整个厂区的数据交换核心，是应用系统可靠和高效率运行的基础，我们在核心区配置两台吞吐量高、核心万兆全分布式线速路由交换机，接入各个功能区域，下行万兆光纤连接汇聚交换机，形成万兆无阻塞线速转发骨干网。

核心设备采用多级交换架构，即使用独立的交换网板卡，可以为设备提供扩展的交换容量，多块交换网板同时分担业务流量；控制引擎和交换网板硬件相互独立，并且配置冗余电源和冗余风扇，最大程度的保障设备可靠性。

两台核心设备互为备份，之间采用双 10G 连接，区域汇聚设备 10G 双归属上联，其中任何一台核心交换机或核心交换机上的板卡出现故障后，正常工作的核心交换机能够立即接管故障核心交换机所有交换工作。在两台核心交换机都正常工作时能够对厂区汇聚交互机区域转发过来的数据流量进行负载均衡，两台核心交换机同时承担核心网络数据交换工作。

为了简化网络部署，简化网络管理，并提高故障恢复的速度，核心和各个功能分区采用虚拟交换架构技术。两台核心交换机虚拟成一台逻辑交换机，通过跨设备链路聚合与汇聚层设备互联。

同时，核心层设备开启 VxLAN 三层网关能力，作为 VxLAN 流量到普通 IP 流量的转换设备，满足用户流量通过端到端的隔离隧道后进入出口防火墙或者骨干路由器继续转发的需要。

核心层设备作为网络的骨干，负责了整个网络所有应用和业务的数据传输任务，所以其转发性能和稳定性是衡量整个基础网络架构好坏的关键，其需要能提供快速的数据交换和极高的永续性，从备份和负载分担角度出发，此次设计采用双核心设计，保证了核心层的设备及链路冗余能力；从单台设备考虑，为了保证高性能和可靠性，本次设计选用交换性能和可靠性极高的高端路由交换设备，必须能够支持双主控、电源冗余、风扇冗余、分布式转发等特性。

各个工厂汇聚层设备需要具备高密度万兆汇聚能力，以满足各个配线间的接入层设备上链需要。同时，汇聚层设备作为各工厂业务接入可靠性的关键节点，采用模块化双电源、双风扇的设计，避免部件的单点故障。模块化设计，便于进行备件的快速替换。

本次汇聚层设备具备 VxLAN 功能，与 SDN 控制器 (Director) 配合完成专网业务的自动化隔离、策略随性、IP

地址与用户名绑定等功能。

汇聚层的功能主要是将接入层的数据进行汇聚并接入核心网络，汇聚层设备可以通过可选的流量控制和流量过滤策略对接入层数据进行精细化管理。汇聚层交换机通过双归属链路连接至接入层交换机，并双上行连接到核心交换机。

接入层厂区接入交换机选用双主控、不少于 6 个业务扩展卡，最高支持 288 个 POE 电口扩展能力，为 OT 现场网 PLC、EAS、IP 电话等提供高速接入能力。同时为了保证设备高可靠性，交换机采用双电源，风扇采用冗余设计。

#### **2.4.2 FA 生产 OT 现场网络功能设计**

FA 生产 OT 现场网是将多个厂商的多种设备通过 TSN 进行连接，满足产线设备实时性、互操作性、优先控制、时间同步、安全等连接需求。

TSN 本身是一系列的标准，它包含了时钟同步、数据调度与网络配置三个方面的关键标准，TSN 仅指数据链路层的标准，它可以采用 IEEE802.3 的以太网或 IEEE802.3cg 的标准网络来实现物理层，而数据链路层采用了桥接网络，以及不同的数据流调度的策略，也就是 Shaper-整形器，比如 CBS 基于信用的整形器、Qbv-时间感知整形器 TAS、CQF-周期性排队与转发、ATS-异步传输整形器。

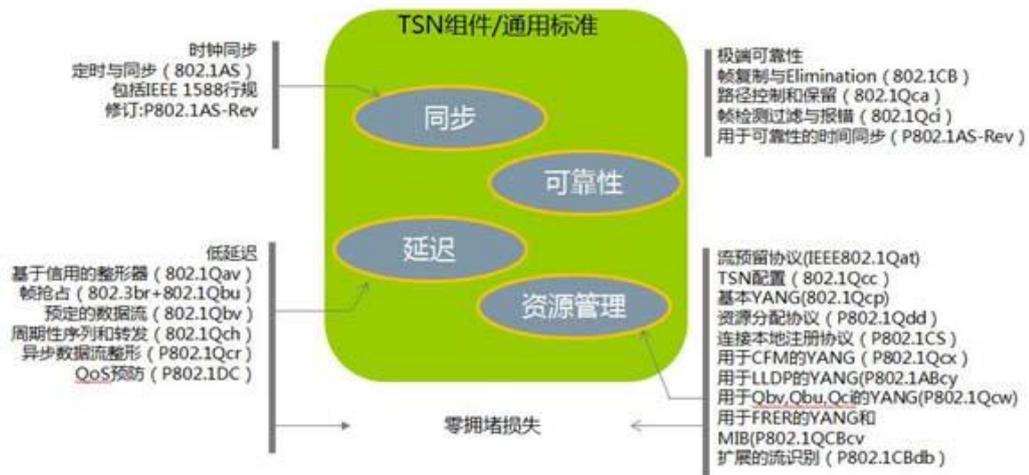


图 8-6 TSN 通用标准

TSN 最关键的目的在于“同一”网络的数据传输，即，周期性的控制通信需求和非周期的数据在同一个网络中传输。同时 TSN 是一项 VLAN 技术，即 Virtual Local Area Network，TSN 域和非 TSN 域的区别在于 VLAN ID，即，进入 TSN 网络会被交换机给打上 VLAN 标签，然后借助于 TSN 机制在该网络中传输，但离开了 TSN 网络的时候，这个 VLAN 标签会被去除，它也可以变为一个标准以太网帧被传输。因此，TSN 交换机可以和普通交换机一起工作。

#### 2.4.2.1 CC-link IE TSN 技术介绍

CC-Link IE TSN 将千兆以太网带宽与时间敏感网络(TSN)相结合，在确保控制数据通信实时性的同时，实现在同一个网络中与其它开放式网络、以及与 IT 系统的数据通信，支持 FA 与 IT 的有效融合。通过 TSN 技术，CC-Link IE TSN 及 TCP/IP、其他网络的各种协议可分割成时间段在同一网络线上混合存在；即使有非实时性信息通信存在，也可保证控制通信的实时性，

对系统控制不造成影响，方便利用普通的 IP 通信设备。此外，通过时间分割、时间同步和崭新的高效的网络协议，CC-Link IE TSN 能够确保网络数据传输的时间确定性，实现了控制信息通信（实时性）和管理信息通信（非实时通信）的共存，为企业 IT 与 OT 的更好融合提供了技术支撑。

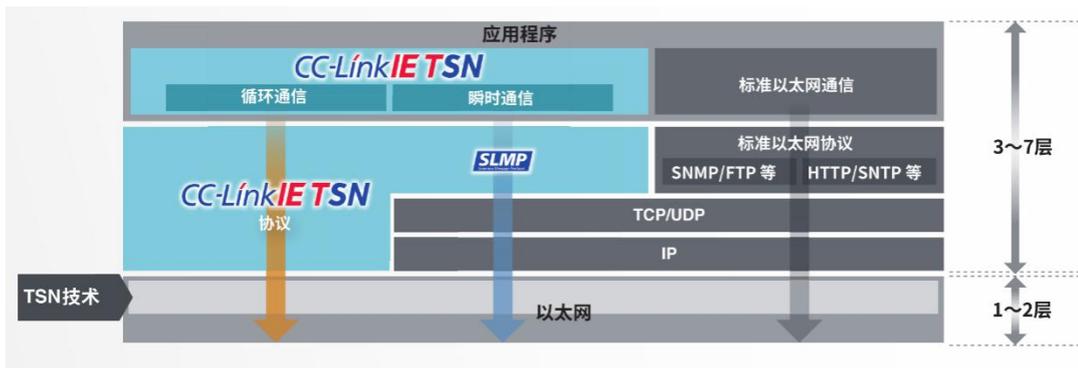


图 8-7 CC-link IE TSN 结构图

通信方法：CC-Link IE TSN 更新了循环通信的方式。传统的 CC-Link IE 使用令牌传送方法，在通过令牌写入自己的数据之后，本站将数据写入的权限转移到下一个站点。相比之下，CC-Link IE TSN 使用的是时间分割方式，在网络中利用时间的同步，在规定的时间内同时向两个方向传送输入和输出的数据帧，由此缩短了网络整体的循环数据更新的时间。该方式与 TSN 技术相结合，保证了在同一网络中控制信息和管理信息的共存。这一点可以理解成从“依次单聊”方式改为“同时群聊”的方式。

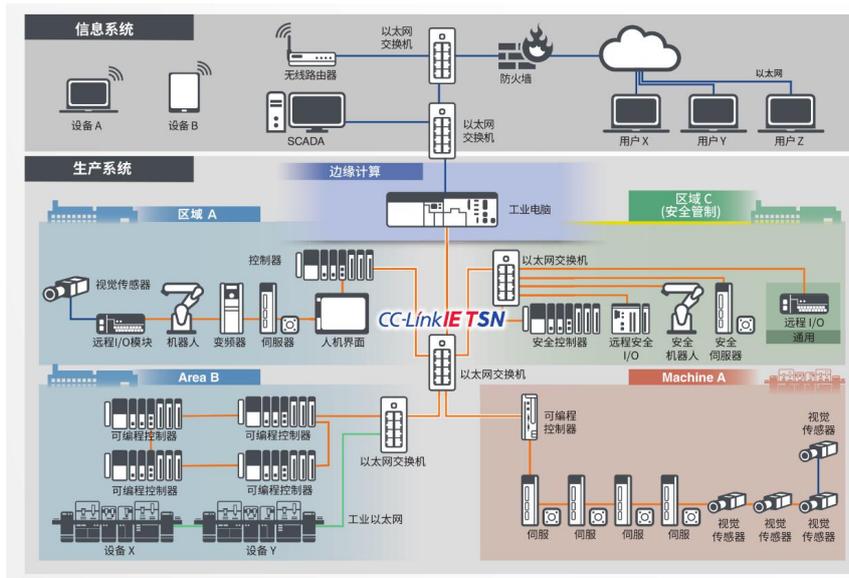


图 8-8 CC-link IE TSN 武汉京东方应用场景

### 2.4.2.2 EtherNet/IP 总线技术介绍

EtherNet/IP 指的是“以太网工业协议”(Ethernet Industrial Protocol)。该标准是由国际控制网络 (CI, ControlNet International) 和开放设备网络供应商协会 (ODVA) 在工业以太网协会 (IEA, Industrial Ethernet Association) 的协助下联合开发的，它定义了一个开放的工业标准，将传统的以太网与工业协议相结合。

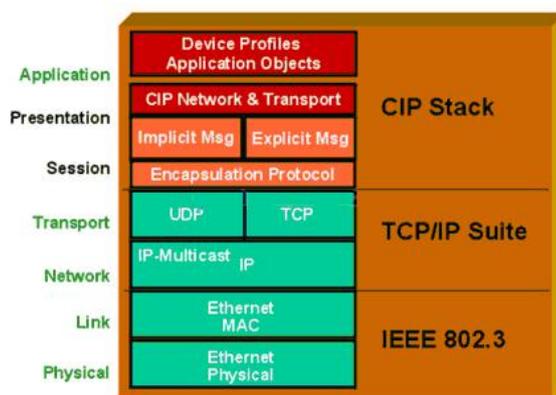


图 8-8 EtherNet/IP 总线技术结构图

EtherNet/IP 是基于 TCP/IP 系列协议，因此采用以原有的形式 OSI 层模型中较低的 4 层。所有标准的以太网通信模块，

如 PC 接口卡、电缆、连接器、集线器和开关都能与 EtherNet/IP 一起使用。支持在同一链路上完整实现设备组态 (configure)、实时控制 (control)、信息采集 (collect) 等全部网络功能。

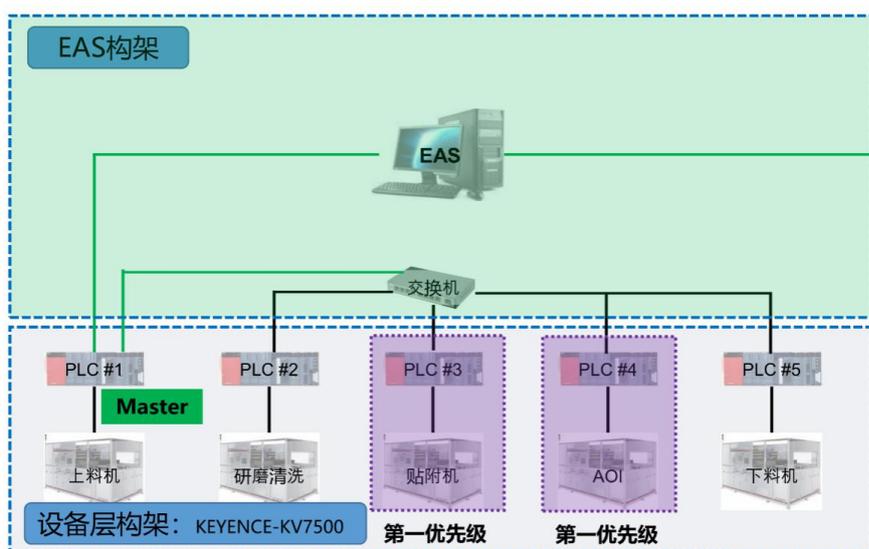


图 8-9 EtherNet/IP 武汉京东方应用场景

## 2.5 安全及可靠性

### 2.5.1 FA 生产 OT 骨干网络安全及可靠性

首先从网络结构上保证了高可靠性和高冗余性：网络核心层和物理链路采用双机冗余架构设计，通过网络协议、不间断路由等技术配合实现可靠性；其次是所有关键器件，如控板、电源、风扇等都采用冗余设计，业务模块支持热插拔。再次是设备支持软件热补丁，打补丁过程中主控板和接口板都不需要重新启动，业务不中断。

采用物理防火墙隔离 OA 办公区和生产区的访问，防火墙具备添加删除相关访问策略做到跨区域之间互访的精准控制，封

闭 3389/137/138 等高危端口。同时支持升级访问特征库，及时阻断病毒与勒索软件的爆发。

通过 SDN 与 VXLAN 技术实现构建一个无状态网络，同时采用分布式 L3 网关并通过可靠的机制有效地抑制广播风暴。策略管理上采用了面向用户的分组模式，将属性或者访问权限相近的用户分到一个用户组中。

### 2.5.2 FA 生产 OT 现场网络安全及可靠性

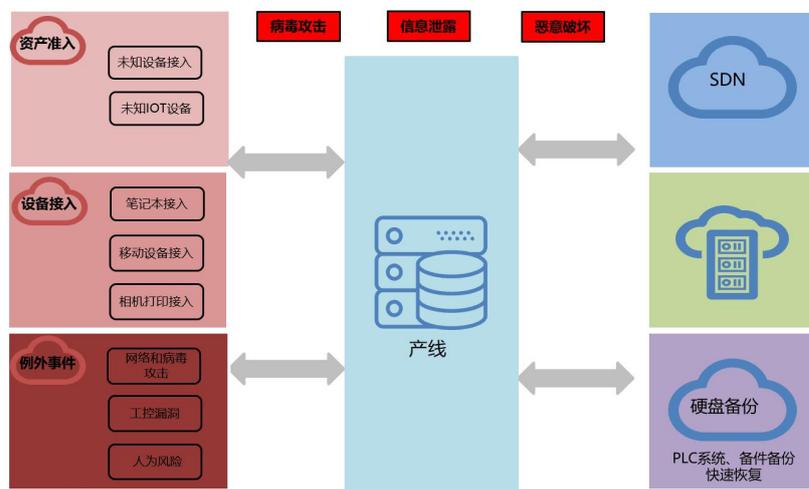


图 8-10 武汉京东方生产区网络安全措施图

通过 SDN 技术将 OT 现场网中的同一种设备 PLC、控制器与相关的 EAS 边缘计算分到同一个组中，这样可以做到细分的隔离缩小如果发生恶意软件造成的大面积宕机的情况。

在 EAS 边缘计算单元上安装工控版的防恶意软件系统，利用黑白名单方式管控合法的工控数据正常流动，非法的工控数据禁止流动。

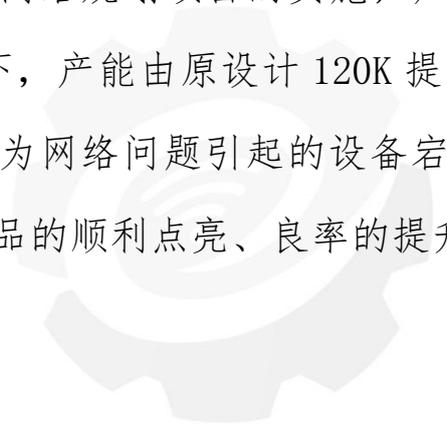
设立专岗检查厂商调试用笔记本是否安全，厂商调试设备用笔记本进厂前必须经过安全软件检测，确认无误后方可进入

且有一定时限。

通过云盘的使用严格禁用 U 盘等移动设备。设立公共云盘供办公区与生产区数据交换使用，云盘与杀毒引擎无缝对接，每一次上传到云盘的文件都实时进行病毒查杀。

### 3 实施效果

通过此次生产网络规划项目的实施，产线的 Takt Time 平均控制在 50 秒以下，产能由原设计 120K 提升到 155K。截止到目前未发生一起因为网络问题引起的设备宕机情况。有力的保障了武汉京东方产品的顺利点亮、良率的提升以及产能的爬坡。



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

---

# 中伟 5G+工业互联网基地数字化改造项目

湖南中伟新能源科技有限公司

中国联合网络通信有限公司长沙市分公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

中伟宁乡园区位于湖南长沙市宁乡经开区，隶属于中伟集团，专业从事动力型锂电池前驱体研发、生产、销售，是中伟新能源全球研发基地及总部基地，旨在实现打造“千亩中伟城、百亿产业园”的战略目标。中伟宁乡园区占地面积 1008 亩，总投资 58 亿元，目前一、二期总体用地 765 亩，建筑面积约 27 万平方米，每个厂房面积约为 1 万平方米，多层结构，内部机械较多且均为大型机械设备，无线网络环境较为复杂，已建成亚洲最大的中试车间、行业领先的水循环处理系统和智能化智造车间。中伟宁乡园区将补齐补强园区新能源材料上下游产业链，为宁乡乃至长沙先进储能材料发展增添更加强劲的引擎、更加强大的动能。中伟公司在湖南宁乡、贵州铜仁、广西钦州、海外芬兰设有自有工厂基地，在长沙雨花区设有办事处。

### 1.2 园区网络现状

**工业内网现状：**目前中伟宁乡园区内部生产及办公网络主要都采用以太网接入，部分接入使用 WiFi 方式。中伟宁乡园区

信息网络现建设有出口防火墙、安全防御、核心交换、接入网、园区光缆等基础网络设施，信息应用系统建设有视频监控、IC门禁、工业 MAS 等应用系统。网络区域划分有办公区、无线网络区、车间区、数据中心区，各区域间未针对区域网络功能特性制定区域隔离策略。中伟宁乡园区内三元一车间、三元二车间、四钻一车间、四钻二车间至数据中心均采用光缆连接，暂无 5G 覆盖。

**工业外网现状：**中伟公司目前仅有湖南宁乡与贵州铜仁间使用 SD-WAN 实现了互联互通，其余生产基地间暂无网络通道直连，无法满足中伟公司业务快速增长及协同制造的需求。

### 1.3 园区网络痛点、难点分析

总体上，中伟园区在网络升级改造及建设中主要存在表 9-1 的关键痛点、难点：

表 9-1 园区现有网络建设痛点

序号	痛点、难点	分析应对策略
1	入侵检测串联在网络中，安全稳定性不高。（边界层）	入侵检测系统改为旁路。并配置旁路接入交换机，为后期安全设备接入做好接入预留。
2	区域信息网络运行不稳定。核心层安全机制薄弱。（核心层）	配置区域隔离策略，增设两个核心路由器作为园区路由交换，两个核心交换机作为园区各区域网络核心交换。
3	设备端口故障或者线路故障易引起的区域网络中断。（汇聚层）	升级改造为双 10GE 捆绑互联。对原有交换机配置进行细化。
4	故障无法溯源。（接入层）	对交换机上未做 vlan 配置或者支配单个 vlan 的接入交换机进行每个端口一个 vlan 配置。

5	车间至数据中心无备份线路，一旦施工等导致线路中断，厂房内所有数据将无法传输至数据中心	采用联通 5G+MEC 虚拟专网进行数据链路备份，在有线网络故障时完成各车间至数据中心间的数据传输。
6	传统蜂窝网络数据需通过运营商大网转发，数据离开中伟园区，安全性和保密性不够	采用联通 5G+MEC 虚拟专网将备份数据链路与外网和运营商大网之间隔离，数据只在中伟园区内部传输，确保私密和安全。
7	MEC 平台由运营商纳管，缺乏自主控制权	采用联通 Edgepod 边缘云平台，实现中伟自助服务能力，包括自维护、自管理、自运营、可视化监控等功能。
8	企业各基地间目前采用互联网进行数据传输，数据传输安全、稳定性得不到保障。只能点对点连接、专线费用及人工成本高，星型组网结构复杂，开通周期长，海外基地无法连接。	使用联通云联网进行企业内跨基地传输；云联网产品基于联通产业互联网（AS9929），国内 34 个省及海外 41 个 POP，实现快速组网，与互联网物理隔离，确保数据不出企业，具备高安全性，同时具备三路有自动检测故障即流量倒换，可靠性与安全性有明显提升。部署快，成本低，组网清晰。
9	云化应用系统的部署增多，本地数据中心、公有云、异构云之间的数据互联互通安全性存在困难。需快速按业务需求进行网络扩容，简化网络运维。	联通云联网依托联通产业互联网骨干网（AS9929）预接入全国 144 个 IDC 数据中心、38 家公有云服务商资源，实现本地数据中心与公有云、异构云之间的互通。联通云联网具备按需弹性扩容能力，扩容可实时生效，用户可自行进行扩容管理，由专门运维团队进行运维管理；

#### 1.4 园区网格化改造需求分析

中伟公司目前的园区网络化改造需求如下：

- 1、实现园区网络区域规划，配置隔离策略；
- 2、加强安全防御建设，对车间区域与数据中心区域配备日志溯源系统；
- 3、全网网络设备配置优化，端到端规范接入；
- 4、全网能力提升，满足云终端应用场景；
- 5、优化各园区基地间互联互通；

6、生产网络的无线备份。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

本项目对中伟工业互联网园区基地进行数字化改造，基于5G、MEC、SDN、AI、云计算等新技术建设中伟园区内外网，完善中伟数字化转型网络基础能力、提升企业竞争力、助力企业数字化转型升级。

园区内网建设：基于5G+MEC的虚拟专网建设和基于工业以太环网的内网升级改造，为建成连接人、机、料、法、环、测六大生产要素工业应用的网络基础。

园区外网建设：基于SDN+MPLS VPN的工业外网--中国联通云联网CUII的混合云组网，实现中伟公司在湖南长沙、贵州铜仁、广西钦州、海外芬兰各基地间的网络互联互通，该套网络支持各基地对中伟公有云、私有云资源的访问。基于云联网和云计算强大的网络协同能力，为中伟实现协同制造提供可能。

通过中伟园区的工业内网、外网的改造及建设，为中伟公司提供高安全、高质量、高智能的网络环境，为中伟打造SCADA数据采集、MES生产执行、AI合规监测等工业园区应用奠定网络基础，对加快中伟园区数字化转型起到良好的示范作用。

## 2.2 系统架构

本项目以服务于中伟公司打造 5G 全连接工厂为目标，采用网络层、平台层、应用层三级架构进行顶层规划。



图 9-1 中伟 5G 园区建设规划

(1) 网络层：构建两张高质量的工业内网和一张工业外网，通过工业内网连接各生产要素，奠定工业应用基础；通过工业外网连接各网络节点，奠定两化融合基础。通过 5G+工业互联网的园区网络建设解决中伟公司当前的网络痛点及难点，体现了网络功能的独特性、创造性。

(2) 平台层：构建 5G+MEC 平台，南向承载工业网络，北向承载工业应用。以 MEC 为切入点，构建“云、管、边、端、业”一体化服务能力，使网络和业务深度融合、相互感知，打造差异化核心能力。

(3) 应用层：结合目前中伟公司实际生产中的痛点，设计基于“人、机、料、法、环、测”全连接要素的智能化工业应用系统，包括 AI 合规监测、SCADA 数据采集、MES 生产执行等，

为中伟公司实现智能制造奠定基础。

## 2.3 网络拓扑及功能设计

### 2.3.1 网络升级改造设计

中伟宁乡园区现状拓扑外网互联防火墙后通过核心交换机直接分布到各汇聚点，且核心交换机作为总网关使用，未配置热备集群交换设备与路由设备。本项目从边界层、核心层、汇聚层、接入层为中伟宁乡园区提供网络升级改造设计方案，网络拓扑图如下：

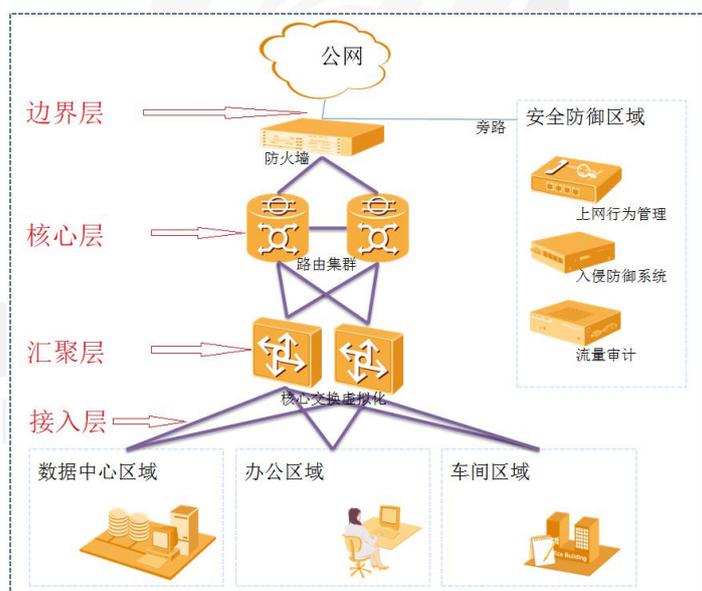


图 9-2 园区网络拓扑

#### 1) 边界层优化：入侵检测改旁路

本次升级方案将原有防火墙互联 200M 专线位置不变，入侵检测系统原有串接在网络中改为旁路。并配置旁路接入交换机，为后期安全设备接入做好接入预留，如用户行为管理、流量审计、web 防火墙等。

#### 2) 核心层优化：增设区域核心交换集群

本次升级方案从健壮性、安全性、经济性考虑，增设两个核心路由器作为园区路由交换，增设两个核心交换机作为园区各区域网络核心交换。从资源利用与安全复用角度考虑，将增设的路由器、交换机配置为集群。

### 3) 汇聚层优化：调整 vlan、端口捆绑

本次升级方案从 vlan 规划、端口接入、线路限速策略、质量保证方面优化配置，主要措施如下：接入核心交换机升级改造为双 10GE 端口捆绑互联，解决因设备端口故障或者线路故障引起的区域网络中断的同时，大大提升园区各区域间的网络能力。其次进行园区网络 vlan 重新规划设计，按照一个接入端口一个 vlanid 的原则重新进行规划，以更好适应于数据业务传输。

### 4) 接入层优化：优化配置，新增 vlan

本次升级方案对交换机上未做 vlan 配置或者只配单个 vlan 的接入交换机进行每个端口一个 vlan 配置，并规划接入交换机的网管地址与 snmp 配置，使每个端口下联的终端业务都在单独一个网络风暴里面方便查询。

本次网络升级改造方案主要从规划层面进行规范，改善原有单独系统建设承载网络的现状，将骨干网与基础网统一建设规划，通过路由与 vlan 技术进行区域划分、应用隔离，通过强化各网络层级功能为中伟宁乡园区提供一个更加安全、稳定、高效的网络。

### 2.3.2 工业以太环网设计

根据中伟园区车间现网存在资源紧缺、可靠性低的问题，进行工业以太环网的建设，通过工业以太网对已完成联网改造的设备进行连接，设备通过汇聚交换机与核心交换机完成厂房内光纤环网的建设，从而确保车间内网络的安全及稳定性，拓扑图如下：

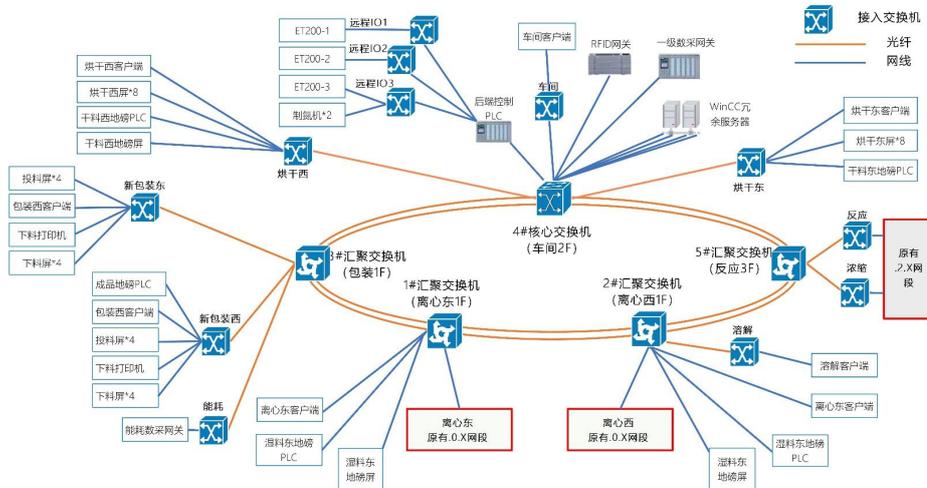


图 9-3 以太网拓扑

### 2.3.3 5G+MEC 网络设计

考虑到中伟园区对于网络安全性和经济性的要求，搭建基于联通 5G+MEC 的虚拟专网。将园区内部的办公网、生产网、物联网等多网融合。通过网络部署建立智慧工厂的基础网络框架，通过在云端与终端设备的高带宽、低时延和高可靠性，满足各种场景应用。5G+MEC 专网整体网络拓扑图如下：

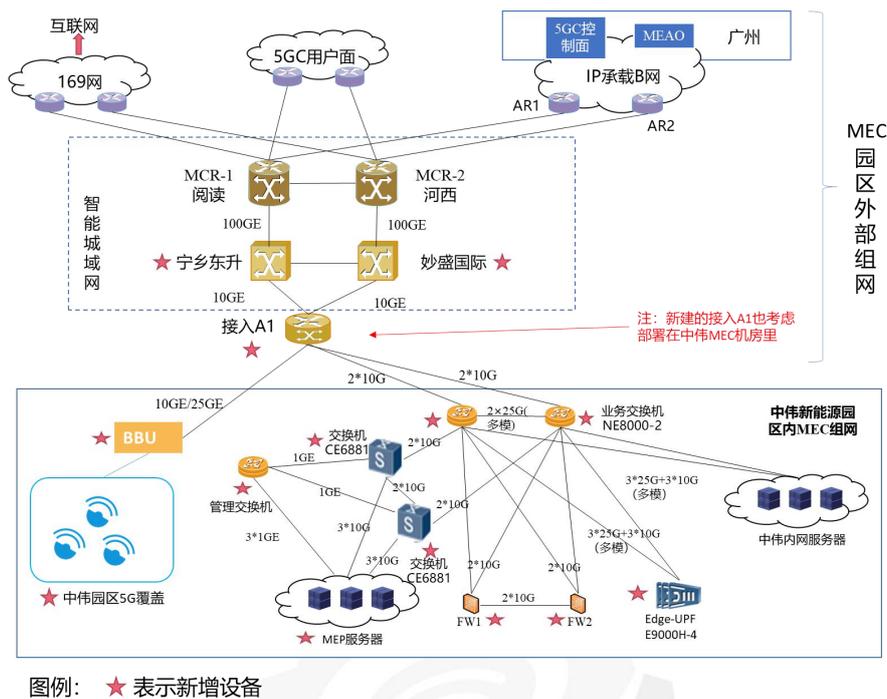


图 9-4 5G+MEC 网络拓扑

### 1) 无线组网

5G 基站通过光缆连接至 BBU，BBU 接入传输设备至核心网，5G 用户面数据通过传输设备连接到 UPF，控制面数据通过传输设备连接到 5GC，实现厂区及办公楼等区域内专网覆盖。

无线网建设充分利用频段特点，将公网及专网分开考虑最大程度保障专网及公网用户的感知。宏站采用 3.5G 频段（200M）SA 组网方式建设 5G 宏站专网。室分部分在指定区域，采用 5G 数字化室分组建专网。

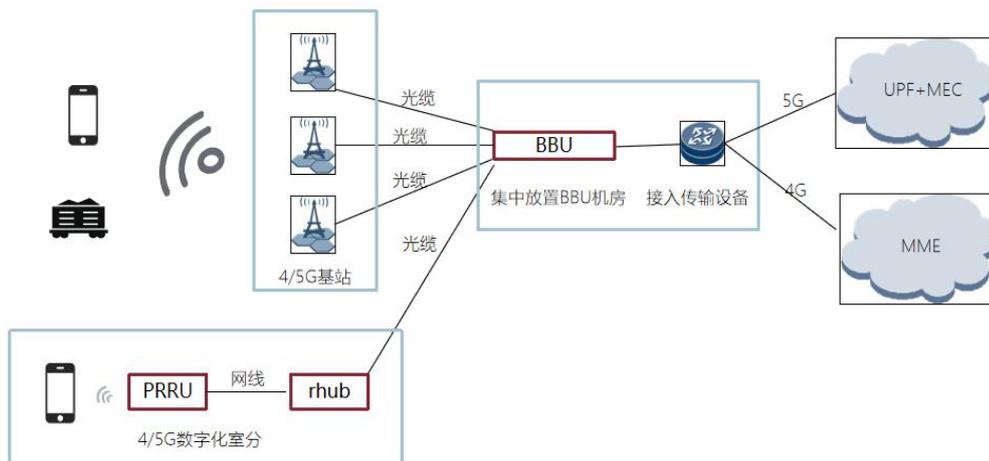


图 9-5 无线网组网拓扑图

宏站覆盖方案：本次覆盖的区域为中伟宁乡园区基地，根据实际查勘和测量，只需配置单宏站即可完成园区主要区域覆盖，包含三元一车间、四钴一车间、四钴二车间、中试车间区域。设计站址为  $28^{\circ} 19' 34'' N$   $112^{\circ} 34' 40'' E$ 。



图 9-6 园区鸟瞰

## 2) 边缘云服务器

MEC 支持无线网络能力开放和运营能力开放等功能，通过

标准的 API 接口为运行在平台上的第三方应用提供无线网络信息、位置信息、业务使能控制等多种服务，实现快速深度业务融合和创新，为中伟公司的 SCADA、MES 系统等提供网络服务。

通过核心网网元 UPF 下沉到企业园区，实现企业业务数据不出工厂。本次建设的边缘云平台满足表 9-1 的各项能力：

**表 9-1 边缘云平台能力**

功能列表		平台支持能力	
基础能力	IaaS	虚拟机能力	●
		虚拟网络能力	●
		虚拟存储能力	●
	MEP能力	IP 分流	●
		DNS分流/域名	●
		API网关/服务注册	●
	CT增值服务	端/边防火墙(ACL/NAT)	●
		云/边防火墙(ACL/NAT)	●
	IT增值服务	服务拨测	●
		安全服务-基线扫描	●
高级能力	扩展ICT-IaaS	CaaS容器能力	●
	扩展MEP能力	应用编排能力	●
		应用负载均衡	●
		CFSP客户自助服务/自维护界面	●
	扩展IT-VAS	安全服务-环境漏洞扫描/主机防护等安全服务	●
		基础软件-Redis/RabbitMQ等基础软件	●
		AI/VR/AR等增值VAS服务	●
		其他更多IT-VAS能力	●
	扩展CT-VAS	IMSI/MSISDN黑白名单	●
		QoS和带宽管理	●
		HTTP头增强插入规则	●
		UE标识信息查询	●
		UE位置信息查询	●
		RNIS查询	●
		企业数据出园审计	●
其他更多CT-VAS能力		●	

为了提升面向中伟公司的差异化服务能力，MEC 可以为中

伟公司提供自助服务能力，包括自维护、自我管理、自运营、可视化监控等功能。自助服务模块在 MEC 网络中的位置如图 9-7 所示：

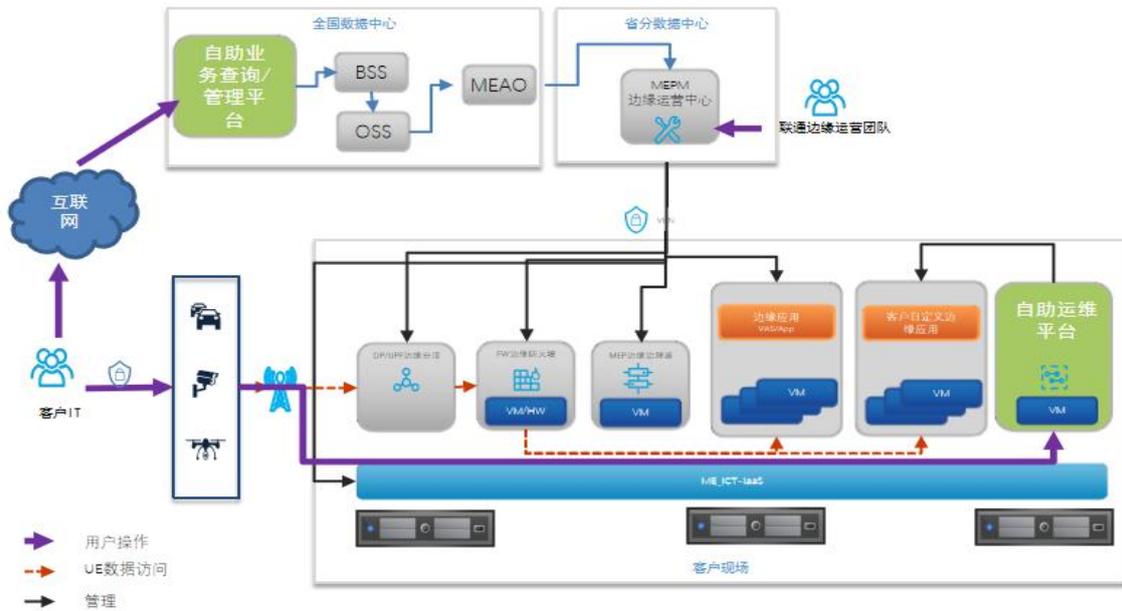


图 9-7 MEC 自助服务模块网络示意图

中伟自服务主要包括以下几大功能：

- 用户自助账号管理
- 联通 MEC 总体资源自助监控
- 联通 MEC 边缘云计算、存储、网络和安全访问自助管理
- 联通 MEC 边缘 MEP 边缘协调器自助管理
- 联通 MEC 边缘云 IT-VAS/CT-VAS 自助管理

本项目将 MEC 设备设置在中伟厂区机房中，统一接入联通大区的华为 5GC SA 2B 网络中进行管理和信令接续。分流采用 ULCL (Uplink Classifier) 方式，厂区内终端流量按照 LBO 方式进行本地卸载，终端出厂区（为厂区规划的 TA 覆盖区列表，

该 TA 列表在 PCF 中进行签约) 后将不能访问边缘云和企业内网, 以保障企业网络和业务的安全性。

对于中伟公司的生产类业务、设备采集类等与企业生产经营相关的数据在本地进行卸载, 实现企业数据在厂区内的闭环。生产线现场 5G 终端的信令送至 5G 核心网后, 5GC 判别该类业务属于中伟公司, 中伟公司业务数据通过厂区 5G 基站传送至本项目部署的 UPF, UPF 通过 IP 地址和端口号、或 DNS 解析等方式进行业务分流, 经 N6 接口以局域网方式送至 MEC 平台, MEC 平台对业务数据进行清洗、整理、编解码等实时处理, 部分处理过的数据需要回传至中伟公司的企业内网。对于需要访问互联网或公有云的数据, 中伟公司的 UPF 经 N9 接口通过联通智能城域网 (或 IPRAN) 对接至中伟锚点 UPF, 中伟锚点 UPF 连接至互联网或公有云, 实现外网的访问。

联通为中伟厂区规划专门的 TA 区, 分配中伟公司专用的 MEC DNN, 可实现基于厂区范围的网络隔离。公众用户访问互联网按照下图中的 a 路由执行, 公众无法访问中伟内网。中伟 5G 专网业务流量按照 b 路由执行, 直接在边缘云处理或送到中伟内网处理。

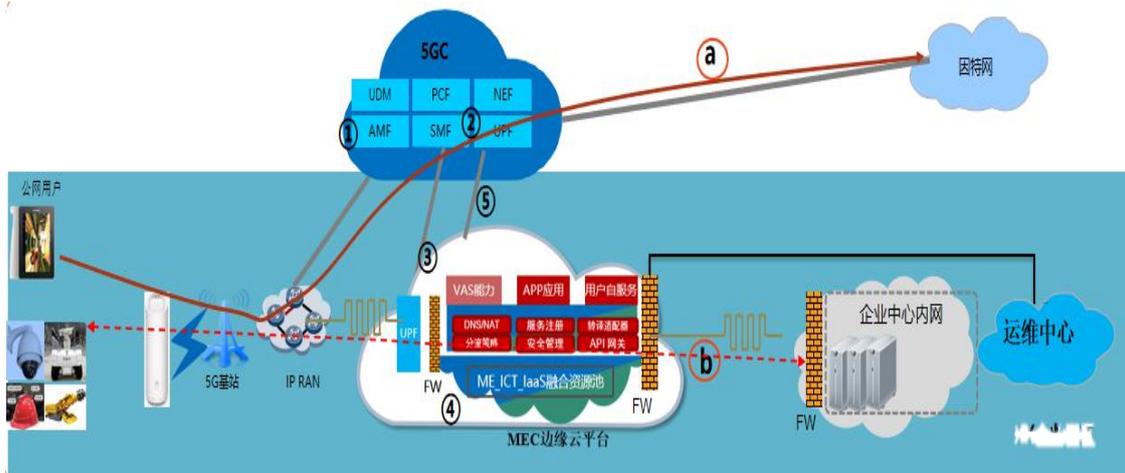


图 9-8 中伟边缘云数据传输图

在上述业务流程中，若中伟新能源的终端移出厂区（为中伟规划的独立 TA 区）后，终端的实时位置和签约位置不匹配，将不能访问边缘云和企业内网，以保障企业网络和业务的安全性。公众用户无论是在厂区内，还是在厂区外发起业务时，都使用大网分配的公网 DNN，SMF 将选择中伟大网的锚点 UPF 为客户提供数据服务，公众用户终端将不能访问中伟边缘云和企业内网，确保安全性。

### 2.3.4 园区外网设计

本项目基于联通“云联网”产品建设一套园区外部网络，实现湖南宁乡、广西钦州、贵州铜仁和海外芬兰各生产基地、长沙市雨花区办事处和联通行业云的网络安全、稳定互联。该套网络支持各生产基地、办事处对中伟公有云、私有云资源的访问。整个外部网络能够灵活调整带宽以降低使用成本，并且能够快速开通部署。基于中伟当前建设情况，采用中伟各生产基地和办事处机房就近通过本地 MSTP 电路接入各地 PE 节点，

将各生产基地、各办事处、私有云和公有云商的组网扁平化，实现各分支机构内网的快速传输，减少网络的抖动性和时延性，保障内网的稳定性与安全性。网络拓扑图如下所示：

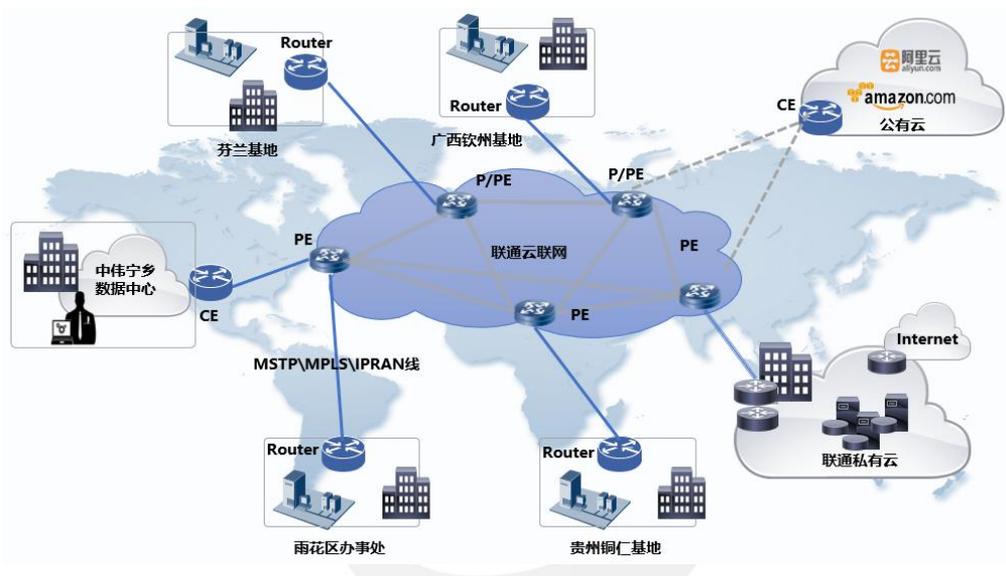


图 9-9 园区外网部署示意

云联网基于联通产业互联网构建，采用 SDN+MPLS VPN 技术，为客户提供智能、便捷、安全的多云组网服务，它实现了智能选路、快速开通、自助服务、弹性带宽等新功能，并具有全面连接、广泛覆盖、智能服务、优异性能等主要特征。

### 2.3.5 网络运维管理平台设计

本项目建设一套网络运维管理系统，对园区网络内所有设备、终端、线路进行监测，通过系统化手段对设备利用率、带宽利用率、端口利用率、线路错包率、终端接入分布情况、网络健康指数分析等数据进行实时采集，方便运维人员进行园区网络的精细管理，出现网络性能异常，系统主动触发预警，以便快速高效解决故障。

### 2.3.6 园区工业应用设计

基于在中伟宁乡园区部署的 5G+MEC 专网和工业以太环网，实现 AI 合规监测、SCADA 数据采集、MES 生产执行等工业应用，为实现 5G 全连接工厂奠定基础。

AI 合规监测：在中伟园区已建设监控系统外，在车间内不便布线的位置新增一批 5G 摄像头，通过 5G+MEC 专网回传至数据中心，再转发至视频 AI 分析服务器进行 AI 分析，实现对园区车间人员的 10 类场景进行合规监测，包括安全帽检测、定制工装检人数统计检测、吸烟监测、积水识别、值班室脱岗睡岗监测、值班人员玩手机监测、物料堆放不规范监测、偷盗行为监测、冒烟监测等，从而实现智能识别、记录、统计分析及提示报警等功能。

SCADA 数据采集：为保证网络相应时延，将 SCADA 数据采集系统部署在联通 MEC 平台上，同时有线传输的数采数据经园区环网、核心交换和防火墙后也传输至 MEC 上，实现了对中伟园区 8 个车间 736 台 PLC（或控制器），3000 个 I/O 的数据进行集中监视与远程控制，实现参数数据下发和反控指令下发时间不超过 20ms。

MES 生产执行：利用 5G 的低时延、高带宽、广连接特性，并结合 MEC 平台的分流功能，在中伟宁乡园区部署一套 MES 制造执行系统，来实现工业制造执行过程中的设备管理、质量管理、生产管理等，从而促进现有的生产工艺流程降本增效。基

于云联网和云计算强大的网络协同能力，通过 MES 系统可实现工业生产中的协同制造，在中伟宁乡园区总部基地即可分发生产指令给各子基地进行生产，从而打造全新的、先进的生产模式。

## **2.4 安全及可靠性**

### **2.4.1 网络安全设计**

网络健康运行的同时，网络安全、数据安全更是运维的首要。在中伟园区边界层部署边缘入侵防御系统与工业防火墙设备，实现园区网络和上层数据网络之间的边界安全防护。内部数据中心以及内网物联系统的安全配置一套 vpn 系统，通过与路由器对接来灵活配置外部访问资产 ip。严格限制访问人口令权限，并在路由选路配置单个 ip 规则，防止外部权限进入后可内网全通。

网络安全、数据安全设计的先进性与合理性：通过园区网络区域规划，配置隔离策略；加强安全防御建设，对车间区域与数据中心区域配备日志溯源系统；全网网络设备配置优化，端到端规范接入；用联通 5G+MEC 虚拟专网实现场内生产网络主干传输的备份。

### **2.4.2 网络可靠性设计**

系统架构的先进性、高可用性和高可靠性：在不需要操作者干预的情况下，防止系统发生故障或从故障中自动恢复的能力。通过把故障设备上的配置转移到备份设备上运行，集群能

够把正常运行时间提高到大于 99.9%，大大减少设备和网络中断的停机时间。

部署方式的合理性：集群具有很强的可伸缩性。随着园区需求和网络负荷的增长，可以向集群系统添加更多的应用角色，由多台设备来执行相同的应用和操作。系统管理员可以从远程管理一个、甚至一组集群，就好像在单机系统中一样，从而提高网络可靠性。

### 3 实施效果

本项目为中伟工业互联网园区进行了园区内网、园区外网、园区工业应用三方面的建设，推动园区网络的 IT 化、扁平化、柔性化，打通网络和数据的信息孤岛，为中伟公司进行数字化转型发展提供示范项目建设标杆，为中伟公司建成连接人、机、料、法、环、测六大生产要素的 5G 连接工厂提供网络基础和应用基础。

1) 本项目的园区内网实施效果主要体现在以下几个方面：

序号	分项	实施效果	备注
1	网络质量提升	网络稳定与网络安全	采用工业以太环网解决了单点网络故障导致网络中断、安全准入
2	配送效率	提升 20%	通过联通 5G+EdgePOD 边缘云服务，部署大带宽、低时延、广连接的 5G 工业内网，同时专用 UPF 分流机制实现数据不出厂，确保数据安全保密和高效传输。
3	生产效率	提升 15%	
4	人工工作量	减少 90%	
5	该故障年度内损金额（万元）	113.76	中伟宁乡园区 2022 年产值 74 亿元，每小时产值 197.5 万元，毛利率为 12%，按每次故障影响 20%生产区域 2 小时正常生产，每年故障 12 次测算

6	改造前厂内故障恢复时间（分钟）	120	1、缺乏网络准入控制 2、故障恢复时间>120分钟
7	改造后厂内故障恢复时间（分钟）	30	1、安全威胁检测和响应时间减少90%。 2、汇聚层故障解决恢复时间<30分钟； 接入层故障2020年<75分钟，2021年<30分钟。

2) 本项目的园区外网实施效果主要体现在以下几个方面:

序号	分项	实施效果
1	项目实施前	中伟各子基地只能通过 SD-WAN 等传统专线进行组网，网络结构复杂；投资和维护成本较大；开通周期及带宽调整流程复杂且耗时较长；不同云商之间多云难以互访的问题。
2	项目实施后	<p>构建基于 SDN+MPLS VPN 的云联网方案，实现了中伟各子基地对部署在自建私有云上的 OA 系统、招标系统和资金系统及部署在阿里云上的工业应用系统的访问互通，实现了网络与业务协同、IT 应用与 OT 应用协同、国内与海外协同、云端应用与本地应用协同的基础网络，为企业全面数字化转型提供基础保障。在中伟宁乡总部基地接入专线采用双线备份方案，为用户提供“双路由+双局向”的双路由冗余备份方案。其他基地以太网专线的接入方式接入当地地市级云联网接入节点，构建一个安全、可靠、弹性可扩容的高质量网络。</p> <p>中国联通云联网在级别带宽不超载情况下，可实现以下指标：</p> <p>1) 故障响应：提供 7×24 小时一点故障申告受理服务，故障响应时间不超过 15 分钟，一般故障恢复时间不超过 2 小时。</p> <p>2) 网络可用率：所有网络接入节点的联网、在线及互联互通的业务可用率≥99.99%。</p> <p>3) 封包成功率：任意用户端 CE 节点之间丢包率≤0.1%，POP 点每月网络封包传递率平均值达到 99.99%。</p>

		<p>4) 网络延时：一级节点之间<math>\leq 50\text{m}</math>，其他线路（国内）延时<math>\leq 20/80\text{ms}</math>（省内/跨省）。</p> <p>5) 电路误码率（BER）：电路误码率（BER）<math>\leq 1.0 \times 10^{-7}</math></p>
--	--	--

3) 本项目的园区工业应用实施效果主要体现在以下几个方面：

通过 5G+AI 合规监测对车间的人员、环境进行智能分析和预警，为工厂数字化建设、生产线智能化改造“赋能加码”，实现生产线效率的全面提升。

分类	生产安全性	库存周转率	生产协同效率
比例	提升 20%	提升 15%	提升 15%

通过 SCADA+MES 工业应用对各种生产设备数据进行采集监测与分析预警，提前对设备进行检修和替换，降低生产设备突发故障的几率，确保了生产进度和产品质量。

分类	故障判断准确率	故障发生率	生产效率
比例	提升 30%	降低 15%	提升 20%

---

# 辽东湾新区 5G 智慧园区信息化服务项目

中国移动通信集团辽宁有限公司盘锦分公司

---

## 1 项目背景

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届全会精神，紧紧围绕统筹推进“五位一体”总体布局和协调推进“四个全面”战略布局，按照高质量发展要求，坚持总体安全发展观，突出“去繁从简、智能实用”的原则，创新“智慧应急”、“智慧环保”等新模式，立足更精准更有效的防控手段，推动“两个坚持、三个转变”制度化。综合利用 5G 网络、大数据库、人工智能、感知监控等高新技术及设备设施，建立 5G 智慧园区一体化管理平台，整合完善新区各类信息化、智能平台项目，实现对园区内安全、环保、消防、能源、危运等各类风险的实时监测预警和应急联动，对危险化学品生产、贮存、运输、使用、经营、废弃处置各环节进行全过程信息化管理和监控，加强危险工艺本质安全、大型储罐安全保障、园区安全环保一体化风险防控，实现风险来源可循、去向可溯、状态可控，做到政企互联互通，为新区经济社会营造安全稳定的发展环境。

辽东湾石化园区内石化产业作为新区发展支柱性产业，生产原料及产品多为有毒有害、易燃易爆危化品，现按照文件要求，全面提升安全、环保、应急、消防、能源、封闭、危运等

全链条的安全、绿色、精细发展水平，加快推进园区治理体系和能力现代化建设，构建园区及企业互联互通的监测预警和应急联动一体化管控平台，确保新区高质量稳定发展。

化工园区普遍存在以下问题：

#### （1）缺乏统一、合理的园区建设规划

化工园区在开发建设之初没有结合本地自身实际情况，盲目推进化工园区的建设，在选址、产业定位、规划等方面未能进行定性和定量的评价，造成园区布局不合理、重复建设，在后期开发过程中出现的问题无法有效解决。

#### （2）准入门槛低，盲目引进

为了实现经济的发展，一些园区在企业引进上存在急于求成的心理。部分园区忽视项目的技术含量，以牺牲环境为代价，将一些污染严重、产能过剩、工艺落后的项目引进园区，为园区的可持续发展留下隐患。

#### （3）环境管理能力不足

目前，由于环保工作任务的加大、环境管理对象的转变（由单一型转为分散型）、环境执法监督机制欠缺以及地方保护主义束缚等原因，造成多数化工园区监督执法难度大，相应环境管理未能跟上化工园区的发展。此外，部分企业环保意识薄弱，存在偷排、漏排现象时有发生，均进一步加大了化工园区监督和管理难度。

#### （4）环保基础设施落后。

一些规模较小或刚建立的化工园区，忙于招商引资，对于园区环保基础设施建设中虽有一定规划，但是建设缓慢。有的园区为吸引外来投资，在污水收集管网、集中污水处理厂没有建成的情况下，就允许企业投入生产，对周边环境造成严重污染的同时也威胁到周围群众的生产生活。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

本项目的建设，在满足最新国家标准《智慧化工园区建设指南》（GB/T 39218-2020）的基础上，积极探索 5G、工业互联网等新兴技术在化工园区的融合创新应用，构建园区信息基础设施、夯实园区数字资源底座，通过视频无线回传、5G 专网通信等各类应用场景，不断提升园区管理智能化水平。同时，也推动“工业互联网+安全生产”在化工园区内的关键创新，通过增强工业安全生产的感知、监测、预警和处置能力，进一步提升工业生产本质安全水平，实现更高质量、更有效率、更可持续、更为安全的发展模式。

本项目结合当前企业现状、园区布局和发展规划，突出监测预警和应急联动两大主题功能，充分利用“5G 专网、5G-NB 物联技术、人工智能云、全域可视化”四个要素方式，对现有设备设施和平台系统等资源进行改造整合，在不断完善全面感知和 5G 网络覆盖的基础上，最大限度的采集数据信息。将新区

各部门各类对口垂直的业务平台、企业的物联网自动化系统、公共的视频监控设施等横向打通，采集现有的资源数据，导入增建设备的感知数据，接纳移动式的侦测数据，依托应急指挥中心（大数据交汇中心）进行数据交汇、处理、分析、模拟，将成果转化为安全、环保、应急、消防、封闭、能源等部门的技术支撑。通过数据库预设风险标准阈值，以“全域感知、数据交汇、智能预警、精准管控”为基础，自动发布预警、自动匹配预案、自动应急联动，构建风险管控和应急指挥“一张图”，利用大屏、电脑、手机等应用前端实时展现新区各类风险指数和管控态势，与移动设备无缝连接、协同联动，达到安全、便捷、高效、绿色的效果，实现园区企业实体与智慧信息技术虚体的有效融合，打造“智慧园区、智慧工厂”新概念，实现多部门风险管控和应急联动一体化管理的新格局。

## 2.2 系统架构

辽东湾新区智慧园区建设包括网络基础设施、高空瞭望及视频监控设施、管控中心、数据中心、大气环境监测、水质监测、园区封闭设施改造及智慧安全、智慧环保、智慧应急、智慧消防、封闭管理、智慧能源、危化品全生命周期管理7大业务应用，通过5G专网、云计算、人工智能等信息化技术的应用，构建科学、全面、开放、先进的园区综合管控信息化体系，对园区内安全、环保、消防、能源、危运等各类风险进行实时监测预警和应急联动，对危险化学品生产、贮存、运输、使用、

经营、废弃处置等各环节进行全过程信息化管理和监控，实现统一数据中心、统一监测预警、统一决策分析、统一应急联动，提升园区精细化管控能力和信息化、智能化水平，为新区健康稳定可持续发展保驾护航。

#### (1) 5G 智慧园区一体化管理平台

项目搭建基于 5G 专网的智慧园区一体化管理平台，依照各部门职责和业务整合建设安全、环保等各类子平台，通过 5G 云网融合形式接入现有资源数据、增建 5G 采集设备感知数据、移动式侦测数据，构建大数据池，依托一体化管理平台，实时展现园区各类风险指数和管控态势。分级配置管理权限，建立园区一体化管理机制，实现多部门信息互通和精准管控，达到安全、便捷、高效、绿色的效果。

#### (2) 5G 高清视频采集

通过 5G 无人机、5G 高清摄像头对园区进行高精度（分辨率优于 3cm）三维倾斜摄影，建立覆盖园区重要区域的三维全景地图，最大限度还原园区真实地形地貌、装置设备和楼宇设施的布局特征。5G 高清视频数据和基础采集数据，通过园区内的 5G 专网 UPF 设备将直接传送至应用平台进行生产数据处理、大屏展示、任务执行和监控报警等操作。并以此为基础实现安全生产、环境管理、封闭安防、应急资源等重要点位多图层标绘，借助强大的 AI 地图服务功能，提供范围计算、路径规划等辅助决策功能，借助 5G 专网实现实时成像和实景展示。

### （3）5G 应急指挥平台

以应急指挥中心为载体，以 5G 数字孪生可视化和 5G 应急指挥系统为支撑，结合 5G 特种终端、各类应急预案、专项预案及现场处置方案，进行数字化结构分解并纳入平台管理。通过联入的 5G 特种监控感知终端以及采集到的事故信息与平台同步报警，通过模拟分析事故类型，自动匹配应急预案，通过指挥中心大屏救援态势和辅助决策信息的集中展示，对事故发展态势、救援处置措施的集中会商，采用“5G 和对讲”实现即时通信、短信群发、多频语音等功能，将命令的快速下达，建立应急指挥和联动机制，实现统一指挥，明令到人。

### （4）5G 监测数据接入平台

利用人工智能云、5G 高清视频、5G-NB 技术实现园区安全生产、环境质量、能源能耗、安防监控和消防火警等各类信息的统一汇聚融合，构筑“智慧园区”平台的统一数据底座。通过在企业现场部署 5G 高清摄像头、对接相关上级主管部门的业务系统等方式实现基础数据的采集和汇聚。同时利用部署在企业现场的视频分析设备，对人员离岗、非法闯入等不安全行为进行自动识别和告警，并通过 5G 专网的信息传输处理技术，同步回传至园区应急指挥中心，实现对园区安全、环保等领域运行状况的实时把控，并向企业智慧工厂不断延伸，为日常监测预警和战时应急联动提供强大的可视化服务。

### （5）5G 全域可视化系统

项目建设全域可视化视频监控系统，接入公安、交通、环保、消防等各部门以及企业的各类视频监控，实现多部门、多位置视频联动。通过综合安防管理系统，满足园区全域视频接入。对于危化品停车场、石化园区封闭管理检查站等重点区域，通过 5G 网络将视频监控接入平台，实现 24 小时全天候监管。对于重点海岸沿线等区域，通过 5G 星光级夜视监控单元实现海防移动设备可视化建设。依托各类 5G 视频监控、5G 高空瞭望及移动单兵装备等，通过影像交互的方式将现场情景可视化的直观显示，依托三维地图服务，绘制一张全区域位置信息标识地图，对重点区域场所进行快速建模，实现对核心区域的三维覆盖，构建模拟情景，便于轨迹查询和远程视频的高清呈现。

#### (6) 5G+智慧安全 (5G 危险源监管)

结合 5G 大带宽+广连接的特性，同时基于中国移动的 OnePOWER 平台提供的海量工业设备连接能力，实时采集园区企业有毒可燃气体监测数据、压力、液位、温度、视频等重大危险源监测监控数据，解决园区内有关重大危险源无法管控、重点工艺和重点危险化学品未有全过程的监管，通过在线可视化巡查，直观掌握其分布情况，并可实时监控周边环境存放的危险源物质状况。

#### (7) 5G+智慧环保 (5G 水资源监管)

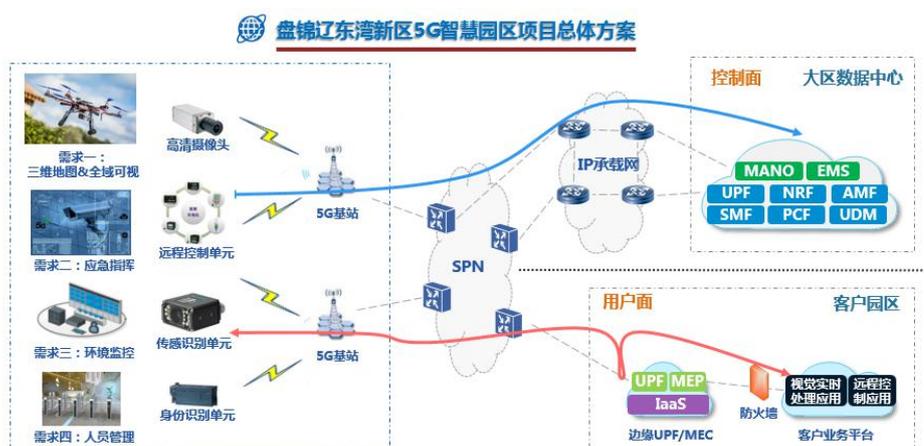
利用 5G+机器视觉、环境传感器，以及中国移动 OnePark 平台的数据分析能力，实时监测企业雨水排口的流量、水质及

园区河流、湖泊等自然水体的水位、水质、水量等数据，全面管控园区水环境。流量等数据，全面管控园区水环境。

### (8) 封闭园区管理平台

依据产业规划布局合理调整石化园区封闭管理区域范围，对相关检查站的迁移改造，将原来“单进单出”道闸变更为“多进多出”，实施“双闸制”管理，在危运车辆进园前实施安全培训、检查；根据实际，相关检查站设置人行、电动车通道和限高杆；升级现有封闭园区管理系统，分级分权审核人员、车辆安全通行信息，运用人脸识别技术、远程广播系统对人员进行全员控制，减少区域内滞留的无关人员，避免交叉作业。利用园区内企业围墙、河道等地理现状补建电子物理围栏，明晰园区、企业边界，合理设置减速、测速、交通指示灯等各类管制设施。明确各类危险化学品车辆及其他各类车辆通行路线，实施限岗限时分流通行，对重点车辆实施轨迹管控，建设物料侧扫感知系统，对物料实施全面管控。

## 2.3 网络拓扑设计



**图 10-1 总体方案**

盘锦移动以应用作为驱动，定义项目三大应用场景，采用 5G 专网模式，通过专属网络切片，核心网 UPF 下沉至厂区等技术解决辽东湾新区管委会的园区建设需求。盘锦移动按照 BAF 网络服务模式匹配，满足辽东湾新区管委会提出的大带宽、低时延和保证数据不出园区的需求，同时结合园区后期的合作意愿，实现无线侧专网接入，使业务场景与 B2、A3、A4、A5、A8、A9、A10 相匹配。截止到 5 月底园区内共累计完成 5G 基站建设 14 个。

生产数据传输方案：本项目利用无人机对园区公共部分进行三维倾斜摄影，获取园区三维影像，园区内全方位部署视频监控点位，实现全区危险情报监控、报警等功能。设备采用新建 5G 基站接入，通过厂区内 UPF 设备直接传送至应用平台进行生产数据处理、大屏展示、任务执行和监控报警等操作。

网络性能保障方案：本方案接入内网过程，园区内部规划 5G 专用资源站点 14 个，数据全部在本地 UPF 上传输，实现数据不出厂区；通过 5G 网络传输数据，解决项目高清视频大带宽、生产操作数据低时延传输需求。

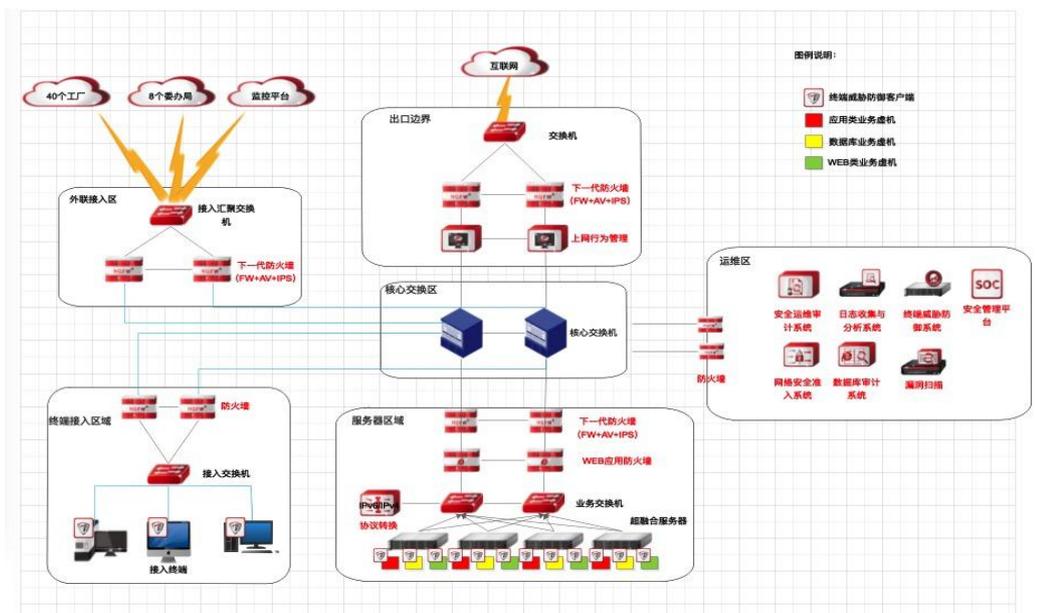


图 10-2 网络拓扑

## 2.4 功能设计

### (1) 下一代防火墙（FW+AV+IPS）：

通过在出口边界区域和外联接入区域分别部署两台下一代防火墙实现等级保护 2.0 中安全通信网络对于关键网络设备和关键计算设备的硬件冗余，保障系统的可用性要求。以及安全区域边界对于边界防护、访问控制、入侵防范、恶意代码防范的技术要求。

### (2) WEB 应用防火墙：

通过部署两台 WEB 应用防火墙实现针对 WEB 类业务的安全防护，满足等级保护 2.0 中安全区域边界对于进出网络的数据流实现基于应用协议和应用内容的访问控制。安全通信网络对于关键网络设备和关键计算设备的硬件冗余，保障系统的可用性要求。

### （3）防火墙：

通过在终端接入区域和运维区边界部署防火墙对终端接入区域和运维区进行严格访问控制、安全防护及区域隔离，实现合法用户的正常访问与非法用户的访问阻断，满足等级保护 2.0 中安全区域边界中在网络边界或区域之间根据访问控制策略设置访问控制规则。安全通信网络对于关键网络设备和关键计算设备的硬件冗余，保障系统的可用性要求。

### （4）漏洞扫描：

通过部署漏洞扫描对整体网络进行安全漏洞检测并对扫描结果给出合理化修复建议，加固整体网络的强壮性，满足等级保护 2.0 中安全计算环境对于入侵防范的要求。

发现可能存在的已知漏洞，并在经过充分测试评估后，及时修补漏洞。

采取必要的措施识别安全漏洞和隐患，对发现的安全漏洞和隐患及时进行修补或评估可能的影响后进行修补。

定期开展安全测评，形成安全测评报告，采取措施应对发现的安全问题。

### （5）堡垒机：

通过部署堡垒机实现统一的安全运维管理，满足等保 2.0 中对于安全计算环境的安全审计要求及安全管理中心的系统管理、审计管理、安全管理、集中管控的要求。

### （6）日志审计：

通过部署日志审计实现全网日志的集中收集与分析，满足等保 2.0 对于安全区域边界的安全审计要求、安全计算环境的安全审计要求、安全管理中心的集中管控要求。

(7) 数据库审计：

通过部署数据库审计实现对数据库访问行为及对数据库的增、删、查、改等操作行为进行安全监测，满足等保 2.0 对于安全区域边界的安全审计要求。

(8) 终端威胁防御：

通过在应用服务器和 PC 终端部署终端威胁防御系统客户端、并在安全管理中心部署终端威胁防御系统管理端实现终端服务器的病毒查杀、主动防御与集中管理，满足等级保护 2.0 中对于安全区域边界的恶意代码防范、安全计算环境的恶意代码防范、安全管理中心的集中管控要求。

(9) 上网行为管理：

通过在出口边界区域部署两台上网行为管理实现网络行为审计、数据分析、统计、记录，满足《网络安全法》6 个月上网日志留存，同时对互联网应用（包括 P2P 下载、在线视频、游戏、炒股）进行限速和管控，保障办公业务的稳定运行。满足等级保护 2.0 对于安全区域边界的安全审计要求。

(10) 安全管理平台：

通过在安全管理区部署安全管理平台，采集来自安全设备、网络设备、主机、操作系统、数据库以及各类业务系统的包括

日志、运行状态等各类海量安全信息数据，并对海量原始数据进行高效存储，是针对 IT 设备与系统的综合监控与审计系统。具备设备状态实时监视、数据采集与处理、海量数据高效数据存储、安全事件实时关联分析、安全事件告警响应、综合报表统计分析以及系统管理等。满足等级保护 2.0 对于安全管理中心的集中管控要求。

(11) 协议转换：

通过在服务器区域部署协议转换设备充分利用协议转换的全代理框架支持，对外网用户访问服务器可以提供 IPV6 业务。解决网站业务从 IPv4 到 IPv6 过渡中的外链及天窗问题，实现网站业务从 IPv4 到 IPv6 的平滑过渡。满足国家《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》要求。

## 2.5 安全及可靠性

本方案按照等级保护要求的工业互联网安全网络架构，分别从安全网络计算环境、安全用户行为监管、安全数据安全保护三个层面，结合盘锦辽东湾新区 5G 智慧园区大数据平台信息网络的实际情况，以应用为核心，构建了全面的工业互联网信息安全保障系统，由被动防御向主动防御转变。其中安全网络计算环境、安全用户行为监管、安全数据安全保护实际上是从应用访问的三个重要环节进行了细致的保护，确保应用系统访问活动过程的安全，并在集中的安全管理中心下，对盘锦辽东湾新区 5G 智慧园区大数据平台信息网络实现了全网动态安全的

监测与响应，真正做到少发生安全事件、发生安全事件时能快速响应、发生安全事件后能有效追踪、信息系统能动态调整等。

### 3 实施效果

首先，方案采用分区的方式，实现区域边界防护措施，通过下一代防火墙的访问控制、入侵防护、防病毒等多种技术综合起来，形成网络的边界完整的安全防护。并且已经实现针对身份的强访问控制，更好地保护各类信息资产，有效保障盘锦辽东湾新区 5G 智慧园区大数据平台信息应用系统的安全性；

方案中综合考虑并实现了基于用户行为、基于数据保护以及安全网络计算环境的安全设计，通过多种安全技术，实现了多层的防护。

另外，针对盘锦辽东湾新区 5G 智慧园区大数据平台信息系统访问来源广泛，用户行为不可控等因素，通过应用系统安全防护、边界访问控制、边界入侵防御、病毒过滤、等技术，采取主动的安全防护措施。充分提升了信息网络的抗攻击能力，并在信息网络内形成了多种安全机制，有效对抗来自信息网络内、外的攻击行为。

从应用系统保护的角度，方案从安全网络环境、安全用户行为、安全数据保护等角度，形成多层次的防护，首先通过安全的网络环境建设，为应用系统的运行提供了安全可靠的运行环境；通过用户行为鉴别及授权技术，以及安全运维管理技术方面，对接入网络进行访问的来源进行有效鉴别与控制，防止

非法的访问；通过传输加密等技术，又对应用系统所处理的业务数据形成有效保护，防止数据被意外窃取，篡改，以及因其他因素造成数据破坏，这样从全访问过程上，对盘锦辽东湾新区 5G 智慧园区大数据平台应用系统进行有效保护，提升应用系统的自身可靠性。

本项目针对 5G 智慧园区在园区综合管理应用场景中的需求，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，以 5G 专网为核心，为未来 5G 无线移动通信网在智慧园区的应用奠定基础。产业效益体现在如下几个方面：

促进辽宁化工产业升级：增强国内化工产业在国际市场的竞争力，并形成极强的行业示范效应，加快提升国内相关行业产品的市场占有率。

打造辽宁 5G 技术高地：通过在辽宁省境内工业龙头企业的 5G 专网，为辽宁省企业提供可复制性方案和经验，降低其他企业的试错成本；同时，为全省提供服务平台，成功经验。大大增强辽宁省工业企业的数字化、智能化水平。

环保提升：通过对园区合理布局，采用高效节能环保装备，对造成排放污染的工序进行针对性改造，减少产品生产制造环节的有害颗粒物排放，改善产区周围的环境质量。

促进先进技术成果转化：将技术和研究成果产业化，辐射物联网、工业大数据等相关产业。

创新人才队伍建设：完善复合型创新人才建设，建立多个

特色明显、创新创业能力强、竞争力强、集技术创新研发与产业化于一体的稳定的高层次人才团队，形成具有国际影响的高端研发和应用人才的培育基地。

综上所述，本项目的实施必将为智慧园区的 5G 应用发展带来良好的社会效益。



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



---

# 广东皓明陶瓷科技有限公司智能工厂工业互联网建设项目

广东皓明陶瓷科技有限公司

中国联通广东分公司

---

## 1 项目背景

本项目所属行业是日用陶瓷生产，日用陶瓷是生活必需品，市场大但竞争也比较强烈的行业，技术的革新和进步是发展的前提，发展前景好。根据国务院 2017 年 11 月 27 日印发《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，提出未来三个阶段的发展目标：到 2025 年，覆盖各地区、各行业的工业互联网网络基础设施基本建成，工业互联网标识解析体系不断健全并规模化推广，基本形成具备国际竞争力的基础设施和产业体系；到 2035 年，建成国际领先的工业互联网网络基础设施和平台，工业互联网全面深度应用并在优势行业形成创新引领能力，重点领域实现国际领先；到本世纪中叶，工业互联网创新发展能力、技术产业体系以及融合应用等全面达到国际先进水平，综合实力进入世界前列。

随着市场的不断增长和互联网+产业的进一步完善，原有的管理、生产已不能适应新的企业发展需求。企业生产管理提出了更高的要求，传统制造企业也面临向智慧工厂转型的需求，需要加快工业互联网建设。

工业互联网建设要求企业已经具备生产自动化和信息化的基础。

在自动化方面，皓明在老的工厂的部分工序已经使用自动化设备，包括成型、上釉等，自动化已经具备一定的基础。目前新厂区已经初步实现各生产环节的自动化，目前已经投入使用的包括多条全自动成型生产线、印彩机、全自动施淋釉线、自动化喷釉线、机械手、自动智能化窑炉等国内先进智能生产设备。

在信息化方面，皓明在工厂建设前期 ERP 等系统的实施，通过建立统一的大数据云服务平台，实现供应链、生产、财务等业务的处理，并对各类业务进行统计分析，帮助管理者进行智能决策，取得了良好的效益。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

项目总体方案建设目标如下：

1、生产设备采用自动化，建设自动生产流水线，提高生产效率。

2、实现生产设备联网，对生产现场数据自动实时采集。

通过整体的工业互联网规划，实施应用 MES 系统，并实现与 ERP 系统的对接，降低企业生产运营成本提高企业竞争力，来有效支撑未来的发展战略，帮助公司在未来五年、十年内做到更大更强。

3、实现生产数据、财务数据、仓储数据、客户订单数据、采购订单数据等信息共享；实现从物料采购端到内部生产端再到外部客户端的全流程管理。

4、实现生产的可视化管理，实时掌控计划达成、设备、物

料、质量等状况；规划作业流程与作业规范，实现车间无纸化作业。

## 2.2 系统架构



图 11-1 系统组图

从架构看，智能工厂包括：自动化生产设备、工业级网络、软件系统。软件系统主要包括：SCADA 系统、MES 系统、ERP 系统、APS 系统、CRM 系统、WMS 系统等。本项目软件系统主要是 SCADA 系统、MES 系统，MES 系统要实现与 ERP 系统的对接。

## 2.3 网络拓扑设计

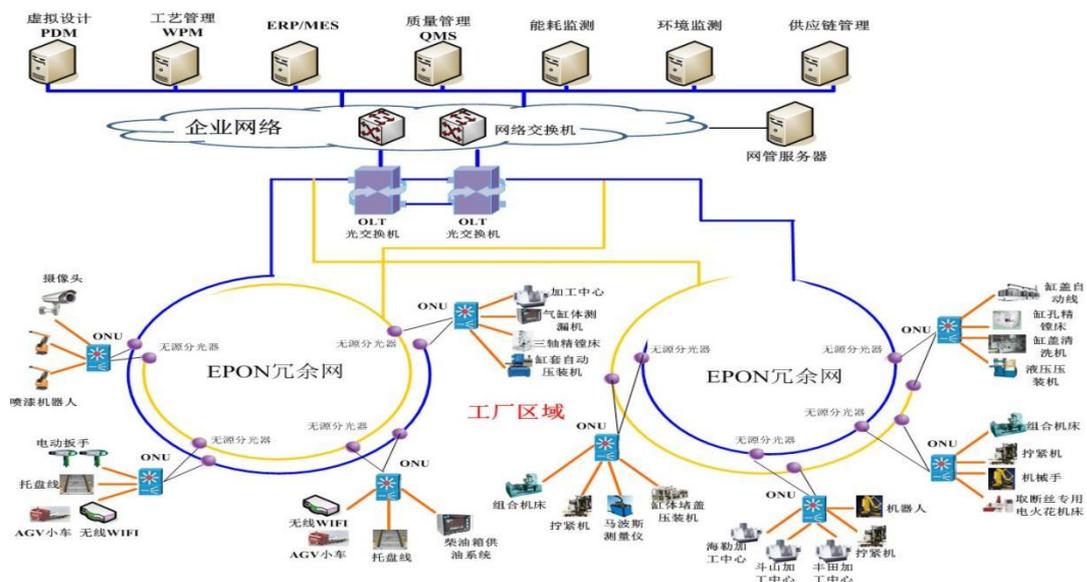


图 11-2 网络拓扑图

## 2.4 功能设计

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 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。

## 2.5 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 Dyingsasp 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、宽高低温（-40 °C ~85 °C）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。

### 6、本次方案组网方式相对于其他传统企业组网方式的优势

与以太网技术相比，工业 PON 技术具有以下优点：PON 通过无源器件组网，不受电磁干扰和雷电影响；采用自愈环形网络支持并联型，切换时间短、抵抗失效能力强；点到多点传输架构，终端并行接入，部署灵活；仅需单根光纤线传输，最远

覆盖 20 公里范围；多业务承载，支持工业控制、数据采集、工位视频监控、大数据、高质量语音等多种业务；高安全性，PON 网络设置 ONU 安全注册机制，下行数据传送具备加密能力，上行数据传送时分机制隔离。

### 3 实施效果

皓明科技的制造工厂的信息化越来越健全（MES、ERP），推动皓明科技智能制造的数字化、智能化的提升。同时通过海量数据的不断累积，可以对大数据进行分析，分析后的结果反过来指导皓明的生产，更加有利于企业做管理决策。

#### 1、智能机器人自动印彩生产设备建设

项目引进多色印花机应用代替人式贴花工序，实现转移印花的自动化；引进六轴工业机器人，并针对日用陶瓷生产的特点来进行技术研发，使六轴工业机器人能够模拟陶瓷工人完成日用陶瓷生产步骤，并通过研发配套组件，进一步提高产品的合格率，同时编制特定程序，通过电子信号，使六轴机器人与配套陶瓷生产机械同步配合，形成代替人手操作模式，并进一步实现自动多色印彩、内外花印彩的连贯生产任务。

通过自动印彩机与机器人结合，并由可编辑的控制设备控制，实现无纸化印彩过程无人操作，项目实施前生产周期 48 个小时，实施后实际水平变为周期 3 个小时，项目实施前传统人工操作需要 14 人，现在只需要 3 人，项目实施前传统耗用模具 400 个，实施后整线模具只要 60 个，新增营业收入 4000 万元，新增利润 400 万元。使用机器人可以很大程度上克服人工的情

性，能够 24 小时工作，可准确算出日产量，方便安排工作周期。节省人工，提高产品质量，降低运营成本，可大大提高陶瓷制品的生产效率，避免了因人为因素所造成的对生产产生的影响；可以满足大批量生产的需求，降低人工劳动强度，提高工作效率及产品的品质。



图 11-3 机器人自动印彩

## 2、智能化生产线设备建设

智能制造生产线一体化集成与控制系统建设，建设电脑参数控制的智能化全自动成型生产线、智能机器人自动印彩生产线，智能机器人上釉生产线、PLC 电脑控制隧道窑窑炉自动化控制设备，结合 AGV 搬运机器人进行搬运，实现全自动智能生产线建设。项目通过将现有由几个车间单独生产，无法形成流水线连贯操作的生产陶瓷工序，通过智能化技术改造实现陶瓷单独生产工序集成一条流水作业连动操作智能自动化生产，从而实现陶瓷生产集成到一条流水线上完成。

智能制造生产线一体化集成与控制系统建设后，产品生产效率增长，质量提高、产品工艺规格得到大幅度提升，生产工艺技术操作更简便，工人生产操作安全性及可靠性更有保障。有助于提高产品质量，扩大客户需求。通过该项目的建设，大大缩短产品的流通周期，加强了产品的质量，从而使客户个性

化的需求在最短的时间内得到满足。



图 11-4 智能化生产设备

4、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。

5、建立操作级能源管理、管理级能源管理、决策级能源管理三级能源管理模式，通过权限控制为不同管理层级提供定制的管理窗口；对各类能耗进行实时在线监视，对能耗数据进行自动采集、储存及查询，并通过各种形式的图表直观展示，实现能源可视化管理；

6、MES 生产系统管理是一套面向制造企业车间执行层的生产信息化管理系统，提供生产过程控制、底层数据集成分析、上层数据集成分解等管理模块，为企业打造一个扎实、可靠、全面、可行的制造执行管理平台。



图 11-5 生产协同系统

7、投产后，利用“日用陶瓷智能化生产车间”，预新增营业收入 4000 万元、新增利润 400 万元。项目主项目的成功实施取得非常好的效果，具有显著的经济与社会效益。

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

---

# 广东红海湾发电厂 5G 煤场环境智能监控系统+MEC 专网项目

广东红海湾发电有限公司

中国联合网络通信有限公司汕尾市分公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

广东红海湾发电有限公司位于汕尾市红海湾经济开发区白沙湖畔，于 2004 年 3 月 30 日正式成立，注册资本金 27.4975 亿元，现由广东电力发展股份有限公司、广州发展电力集团有限公司和汕尾市建城投资有限公司三方分别按 65%、25%、10% 持股，负责汕尾电厂的建设和运营。公司 4 台机组投资总额为 110 亿元，自首台机组投产至 2019 年底，累计完成上网电量 1145 亿千瓦时。

公司规划建设  $4 \times 600\text{MW}$  和  $4 \times 1000\text{MW}$  燃煤机组，分二期建设。首期建设  $2 \times 600\text{MW}$  和  $2 \times 660\text{MW}$  机组。其中，1、2 号机组于 2008 年 1 月 27 日、2 月 11 日投入商业运行；3、4 号机组于 2011 年 9 月 30 日投入商业运行。目前，广东红海湾发电有限公司装机容量规模为 2520MW，是粤东和粤中地区 500kV 联络线的重要电源支撑点和广东省骨干电源之一，对改善广东电源结构和布局、提高广东电网运行可靠性经济性具有重要作用。

公司始终以安全、环保发电为基础，以经济效益为核心，坚持创新发展，不断提升市场竞争力。实现管理生产标准化，是国家电力安全生产标准化一级企业、质量环境职业健康安全

管理体系认证企业、NOSA 五星企业。

## 1.2 园区网络现状及痛点

传统的有线网络建设成本高，后期维护难度大，覆盖范围有限。因为有线网络布线的局限，近几年逐步发展无线网络，WiFi 网络现在已经覆盖整个办公区域和重点生产区域，设备也向无线的方向发展，配合 4G 网络，已经实现多个应用，例如智能移动视频管理系统、地磅无人值守系统等。5G 是万物互联的时代，可以将更多设备实现无线接入，摆脱有线网络的布线和固定接入点限制，灵活布置、实时传输，加快设备安装、检修进程，结合无人机、智能巡检机器人等技术，持续提高自动化水平，提效率、降成本，最终体现在增强市场竞争力上。

在煤场管理中，自热、自燃现象普遍存在，煤堆自热、自燃不仅浪费能源增加发电成本而且自燃产生的一氧化碳、二氧化硫等有害气体严重的污染环境。随着电厂掺烧制度的不断推广和普及，电厂所使用的煤种、产地和来源越来越多，燃料管理工作越来越复杂，面临诸多挑战，其中煤堆发热自燃现象越来越严重，传统的人工煤温巡检和“烧旧存新”制度越来越不适应当前煤场现状，无法有效遏制煤堆发热自燃现象。

红海湾发电公司有圆形堆煤场四个，可满足新老锅炉燃用 30 天的储煤要求，很多时候煤堆积时间较长，特别气温很高时，易发生内部自燃，此前已发生过数次自燃事故，目前对煤堆的监控主要是采用视频监控和人工巡查的方式，无法实现实时监测和隐患火情报警，所以开发一套可实时在线监测煤堆火情隐患，实现火情预警，并可与消防系统联动灭火的防火监控系统

显得尤为紧急和重要。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

5G 煤场环境智能监控系统：煤场测温系统及时预警煤炭自热自燃问题，通过“烧热存冷”，大大提高了煤场管理的科学性，提高经济效益，减少有害气体排放。煤堆智能测温系统达到温度阈值后，软件报警，输煤专工采取翻开和压实的方法及时清除自燃点，避免它扩大面积。经过实际运行，该系统达到了尽早发现自燃点的目的，现场及时清除自燃点，阻值自燃面积扩大，减轻了自燃损耗和环境污染。而且，改进了输煤作业流程，把过去的“烧旧存新”原则发展成为“烧热存冷”原则，大大提高了煤场管理的科学性，提高经济效益，减少有害气体排放。

MEC 专网：汕尾红海湾电厂作为超大型国有发电企业，需要具备高度安全性和可靠性的网络。本次项目汕尾联通拟为红海湾电厂厂区投资建设高速可靠 5G 无线网络，并引入 5G MEC 边缘云，利用中国联通 MEC 边缘云网络汕尾节点与汕尾红海湾内网打通，为红海湾电厂数据业务提供本地级分流能力、安全管控、工业应用、网络管理等功能，实现 5G 移动网络数据流业务导入红海湾内网，并且保证园区生产业务数据不出厂。

### 2.2 系统架构

#### (1) 5G 煤场环境智能监控系统

系统每个煤场计划采用 3 台在线式红外热成像仪组成点阵测温系统，对整个煤堆进行全方位监控，并在在线式红外热像仪上搭载可见光摄像机，以便获取可见光视频图像，对目标区

域进行定位、放大全面地进行观测分析。同时在监控中心上研制一套红外图像分析与处理软件，自动或半自动的对获得的红外图像进行分析，查找自燃隐患点。并在网络上的查询终端可以实时调阅相关结果和状态，操控站上还可以手工进行远程的温度测量和红外图像采集与控制。

根据实际应用为出发点，并考虑到系统投资的长期效益，对系统进行优化设计，设计原则如下：

- 系统具有性能可靠、技术成熟、功能完善、体系先进的分布式结构，系统配置灵活、操作方便、布局合理，满足长时间稳定工作的要求。
- 系统具有良好的标准性、开放性、集成性、安全性、可扩充性及可维护性，可根据需要方便地进行网络逐级汇接。
- 系统所使用的视音频编解码标准采用符合大规模拓扑网络的传输需要的、低比特率的、交互式的、先进通用的国际标准。
- 系统所用软件、硬件、人机界面、通信协议和通信接口等遵循当前最新国际标准、国家标准、工业或行业标准。
- 采用符合国际标准的耐压、抗浪涌电压冲击、抗雷击、抗强电磁干扰等其它抗干扰措施。
- 系统利用设立在煤堆周围的在线式红外热像仪，配合带预置位的微机可控云台，对煤场区域内所有方位进行每天定时巡检，获取覆盖范围内的红外热图像，每个在线式红外热像仪按照预先设定的程序巡检，大大减少人力巡视，提高了生产效率和自动化程度。本系统考虑采用若干台在线式红外热像仪组成点阵测温系统，对整个煤堆进行全方位监控，系统中

也在红外热像仪上搭载可见光摄像头，以便获取可见光视频图像，对目标进行定位、全面地进行观测分析。在后台的红外分析处理程序通过对实时红外热图像的分析判断是否达到报警阈值，如果超过报警值，监控室控制端能实时报警，同时，报警信息也可以发送到作业人员的手机上。

- 在巡航工作状态下，计算机定时开启红外热成像设备，红外热像仪在云台的控制下，按照事先设定的诊断位置，自动调整拍摄的角度和成像的焦距，对煤堆区域进行定时定点的红外图像采集和温度数据分析。发现温度异常点后，发出声光报警或是发送短信告知工作人员。对于温度异常的区域，系统联动现有的降温喷水等装置加以处理。
- 可在数据库管理系统的支持下，利用统计学的趋势推断法分析煤堆的温度历史变化情况。
- 利用对云台的控制，实现对巡航过程中采集红外图像数目的确定，巡航间隔的设置，每个拍摄点机械角的设定（包括水平角和垂直角）以及热像仪焦距的设定。
- 在人工监控状态下，利用可控云台（垂直  $75^{\circ}$ ，仰角  $40^{\circ}$ ，水平  $360^{\circ}$ ）可实现对整个视场范围内的温度分布情况进行监控。针对有自燃隐患的监测点，操作员可调控热像仪的工作模式为手动监测，对该点进行进一步的详细监测。
- 系统具备自动生成定期报表（按预置行程）的功能，以及过热点的应急报表功能。根据操作员的设置模式，系统对存储的红外图像以及每幅图像的相关温度信息，定期生成报表。对有自燃隐患的红外图像，系统可以单独生成报表，供操作

员进行进一步的处理。

- 系统开发采用流行的微软 .net 框架，采用 visual studio.net 2008 进行开发，网络基于 TCP/IP 协议，可移植性强，适应不同网络要求。

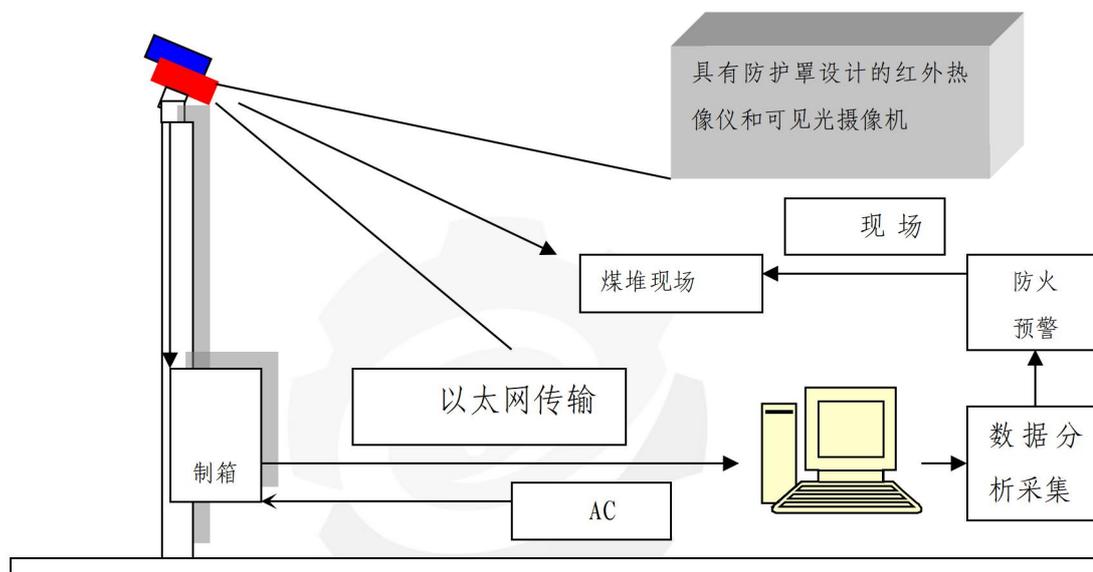


图 12-1 热像仪在线

## (2) MEC 专网

随着 AR/VR、高清视频、车联网、工业控制等业务的兴起，用户对时延和带宽要求越来越高，促使业务服务向网络边缘部署，MEC 为这些业务部署提供了一个边缘计算环境。MEC 虽然一种 5G 原生技术，但由于架构的开放性，MEC 可以应用部署于 LTE 网络。

在 5G 网络架构中，UPF 可以提供分流功能，PCF 实现分流策略的控制。与 4G MEC 相比，5G MEC 与 5G 网络深度融合。MEC 服务需要的分流规则，通过接口告知 PCF，PCF 将分流策略配置给 SMF，再由 SMF 发送给基站和 UPF，最终由 UPF 实现分流

的功能。在 5G 网络中，UPF 可按需部署于网络的各个位置，实现将业务分流到 MEC 服务器。比如对于时延要求较高的 AR/VR 业务，可以将 UPF 和 MEC 部署于接入云；对于高清视频业务，部署于边缘云或者更高一级的汇聚云，以便提高业务的命中率。

本项目 MEC 部署在无线接入云位置。

无线接入云位于无线侧，MEC 与基站 CU 单元，核心网转发面 UPF 部署于无线接入云，如图 12-2 所示。通过在基站侧部署本地业务，为用户提供更短 时延 ( $<4\text{ms}$ ) 的服务。其中，CU 单元包括 RRC 和 PDCP 层，DU 单元包括 RLC、MAC 和 PHY 层，且 4G eNB 和 5G gNB 的 CU 单元可以合设。此方式下，MEC 业务覆盖范围较小，适用于移动速度低，甚至不移动但对时延敏感的业务。

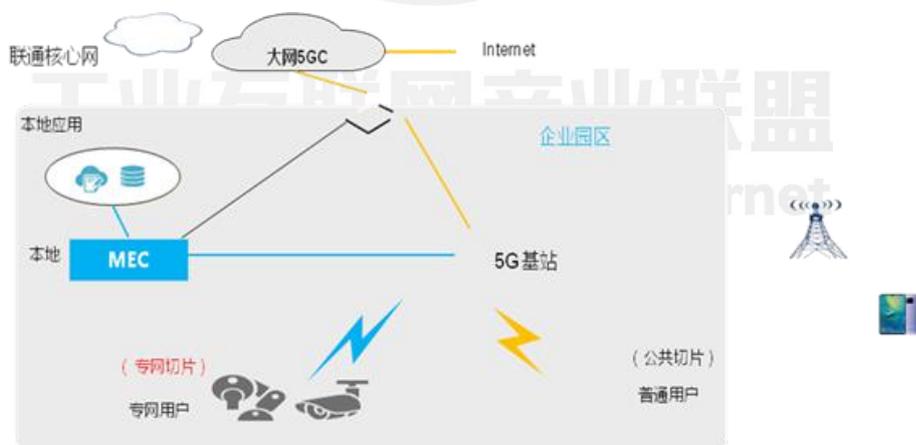


图 12-2 MEC 拓扑图

### 2.3 功能设计

煤场安全监测系统软件采用 B/S、C/S 混合架构，负责集成红外成像及测温系统、煤场侧壁温度监测系统和可燃气体监测系统所的功能，系统布置在集控室内，通过现场传感器实现了圆形煤场的全自动、全天候监测。

该系统在软件功能模块方面主要包括以下几个部分：

(1) 通讯控制模块：红外测温系统主要完成对现场在线热像仪、可见光 CCD 和云台伺服的控制，和数据链路的设置与控制。

(2) 防火预警及联动控制模块：系统实现测温、报警及和现有降温装置联动。

(3) 红外图像处理模块：该模块是整个系统的主要功能完成模块，完成红外热图像的分析处理工作。

(4) 视频监控处理模块：该系统完成系统搭载的红外热像视频和可见光视频的处理。

(5) 查询、统计和报表模块：该系统实现各类信息和数据的查询和统计，并实现相关业务报表。

MEC 虚拟化平台位于无线接入网与移动核心网之间，可利用无线基站内部或无线接入网边缘的云计算设施（边缘云）提供本地化的公有云服务，并能连接位于其它网络（如企业网）内部的私有云从而形成混合云。MEC 平台基于特定的云计算系统（例如，OpenStack）提供虚拟化软件环境用以规划管理边缘云内的 IT 资源。第三方应用以虚拟机（VM）的形式部署于边缘云，能够通过统一的 API，获取开放的无线网络能力。MEC 平台由业务域及管理域构成。业务域用于支持第三方应用的运行。管理域负责对 MEC 平台的业务域进行管理。

## 2.4 安全及可靠性

### (1) 网络基础

汕尾红海湾电厂作为超大型国有发电企业，需要具备高度安全性和可靠性的网络。本次项目拟为红海湾电厂厂区建设高

速可靠 5G 无线网络，并引入 5G MEC 边缘云，利用中国联通 MEC 边缘云网络汕尾节点与汕尾红海湾内网打通，为红海湾电厂数据业务提供本地级分流能力、安全管控、工业应用、网络管理等功能，实现 5G 移动网络数据流业务流导入红海湾内网。

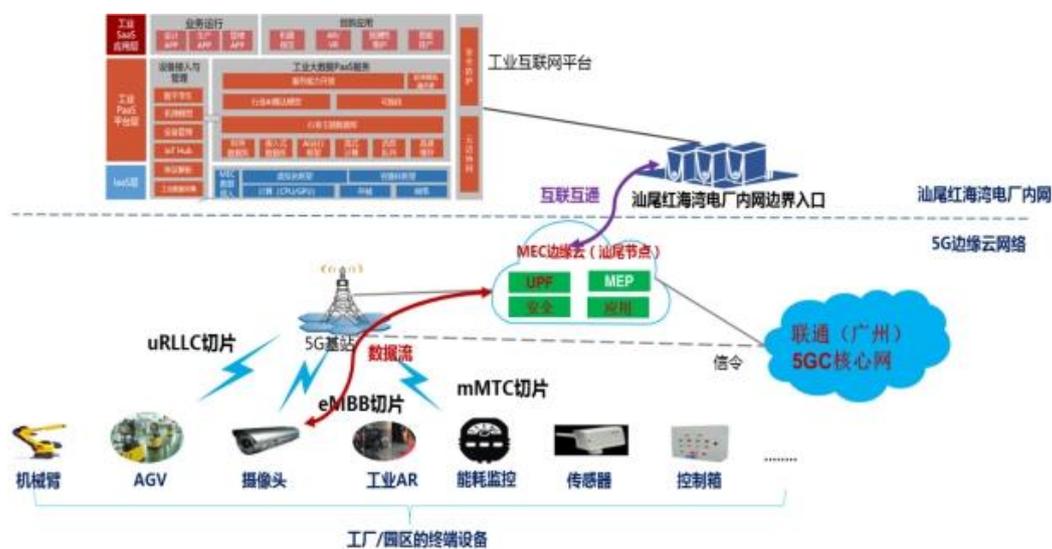


图 12-3 5G 方案概述

在工厂内部，智能机器、传感器、在制品等生产现场设备、物品通过以太网或者无线技术进行互联互通，以实现对生产现场的实时数据采集等功能。根据采集频次、数据流量、传送距离等可选择 Wi-Fi、NB-IoT、5G 等无线技术。NB-IoT 服务不同于单纯的连接，可以联合芯片厂商共同打造通信模组，集成在前端智能传感器中。

IT 网络和 OT 网络采用 SDN 技术，实现控制平面与转发平面的分离，通过 SDN 控制器与制造控制系统(如 MES 等)协同进行网络资源调度，支撑柔性制造和生产自组织。

固网方面通过工业 PON 切入到园区内网的解决方案。相比于传统的以太网，工业 PON 的连接距离长，抗干扰防污染性强，性能和安全性高等特点，是智能车间、智能工厂、智能园区必

不可少的基础设施。

在工厂外部，利用 NB-IOT、LTE 增强、5G 切片等技术，实现对各类为满足各类海量的智能产品的无线接入。对一些网络质量要求较高，或比较关键的业务，需要用专网或 VPN 的方式来承载。专网中需要利用 SDN、NFV 等技术实现业务、流量的隔离，并实现网络的开放可编程。通过产业互联网服务，开放核心网部分能力整合成网络服务 API，软件驱动加服务编排，给工业企业提供个性化的封装网络服务。

在汕尾红海湾发电公司厂区内新增四个 5G 基站，主要满足厂区所有出入口和各楼层入口的人脸识别和管理业务、厂区内车辆轨迹管理和头盔管理项目，在设备间办公室里面新增数字化室分，对满足煤仓喷水管理、设备监控，煤炭传送带温度传感的监控(排水管道建设条件有限暂用基站兼顾)。



图 12-4 新增基站区域图

## 2、光缆接入

从汕遮大道新建 1 孔管道 0.85 公里（其中顶管 100 米）至电厂门口，接入电厂内部弱电管槽。从汕尾振业路机房新建 144 芯主干光缆 26.5 公里至电厂门口新立光交箱。再从光交箱布放 48 芯光缆 4 米至 4 个基站及室分。



图 12-5 电厂内新建光缆路由图

## (2) 安全基础

### a. 网络安全

5G 新空口采用 128bit 或 256bit 密钥进行加密，很难进行破解。5G 网络安全措施包括：

①终端和网络采用双向认证鉴权，以验证终端和网络的合法性；

②传输可以采用专线传输保障安全，或采用 VPN 安全隧道进行加密传输；

③5G 核心网会对 sim 卡合法性进行安全认证；

④可以通过 AAA 系统对终端进行二次鉴权，可以对终端的

IP 地址进行固定分配管理、对于非法 IP 地址进行拦截、设置黑名单，可以通过终端的 IMSI、MSISDN、账号密码进行安全鉴权；

⑤可以根据需要接入至安全监测平台，对终端异常、攻击、病毒等进行实时监测；

⑥网络中和外部系统互通的节点均部署防火墙设备，本项目在 MEC 平台部署 2 套防火墙以实现和外部系统的安全隔离。

#### b. 平台安全

中国联通 MEC 边缘云平台具有按需服务、无线或宽带接入、虚拟化资源池、快速弹性架构、用户面下沉到园区等特征，这些特征为客户带来低时延、大带宽、超大连接等良好体验的同时，也给该系统的维护带来了新的安全威胁。

中国联通 MEC 边缘云平台目前利用 KVM 虚拟化技术实现对物理资源的虚拟化，采用 OpenStack、Kubernetes 等主流的虚拟化管理工具，实现了虚拟机隔离、多用户隔离、共享虚拟化资源池等需求，为了达到安全要求，进行了分层级的安全保护。

针对客户的安全要求，从平台的硬件层面：中国联通 MEC 边缘云平台在建设之初就考虑了每个节点板卡、设备、链路冗余保护机制，并设置上一层级 MEC 节点异地容灾机制，即在边缘节点整体掉电后，异地容灾节点立刻接管故障节点，不影响 MEC 边缘云平台业务的正常运行。从平台的软件层面：中国联通 MEC 边缘云平台同时支持 Openstack 和 Kubernetes 两种虚拟化技术，根据 OpenStack 和 Kubernetes 的特点，制定针对性的安全方案。针对不同用户进行分权分域，在网络层面将不同用

户、不同虚拟机/容器的业务进行隔离。所有 APP 都具备冗余机制，运行的虚拟机/容器数量大于 1，且同一个 APP 的虚拟机/容器分别部署在不同宿主机上，实现了客户服务的连续型以及容灾备份的问题。

### 3 实施效果

(1) 煤场储煤的自燃冒烟次数从实施前的每年 50 次预计降低至每年 20 次。

目前煤场的人工巡检方式十分传统，是一种被动式巡检，煤场巡检人员通过普通的视频监控进行巡查，发现储煤自燃冒烟后才采取抑制措施，这种被动式巡检无法有效遏制煤堆发热自燃现象。

煤场测温系统实施后通过红外热成像仪进行自动巡检，通过设定的温度阈值进行预警式报警，在煤炭自燃冒烟前就向相关人员发出报警信息，进行预警前置式处置措施，有效降低煤炭自燃冒烟次数。

(2) 储煤自燃有效遏制后基本不产生含硫有害气体或其浓度降至极低水平

储煤自燃后会产生含硫、一氧化碳等有害气体，CO 最高检测到 40ppm，超过安全范围（24ppm），发生自燃后偶有附近村民向环保局投诉。煤场测温系统实施后会有效遏制煤炭自燃，达到预警预测性处置，在煤炭自燃冒烟前即可完成降温处理，基本不再产生含硫有害气体或其浓度降至极低水平。

(3) 每年因煤炭自燃损失的热值折算可以节省 50-80 万元

储煤的自热自燃损耗严重，煤堆内部温度从 28.5 度升高到 36.7 度，热值从 5102 千卡/千克下降到 5022.1 千卡/千克，热值降低了 1.57%，到 46.6 度时，热值降低了 3.47%，如果到 52 度时，热值降低了 9.4%，从煤场的测温结果知道，煤堆很多区域的温度都达到了 50 度。

煤炭发生自燃的一般是从煤堆表层下 2-4 米处开始发生然后向外扩散，人工巡检只能通过表层的冒烟才能发现煤炭自燃，中间从煤炭自热到达到燃点自燃的过程会消耗掉大量的煤炭热值。煤场测温系统实施后可以及时了解煤堆的温度情况，通过及时降温措施以及“烧热存冷”的实施可以大幅度降低因煤炭自燃自热而产生的热值损失，预计每年可以节省 50-80 万元。

(4) 提高资源利用效率，降低污染物排放，改善电厂周边大气环境

煤场测温系统实施后可以实现经济效益和社会效益的双跨越，为公司创建国内领先、国际一流的资源节约型和环境友好型现代火力发电企业打下基础。

完善能源管理体系，从储煤管理过程出发，不断促进能源管理体系的持续改进。依靠科技进步，加大节能技术改造投入，提高设备自动化水平，突破节能技术瓶颈，实现能源的综合利用，降低能源消耗，创建资源节约型发电企业。

加强环保监测管理，加强煤场污染物排放的监督管理，煤场测温系统实施后确保污染物排放达标，创建环境友好型发电企业，积极寻求可持续发展。

---

# 广州港 5G 智慧港口南沙四期自动化码头专网项目

广州港集团

中国联合网络通信有限公司广州市分公司

---

## 1 项目背景

广州港集团是千年海上丝绸之路始发港——广州港的主体企业，2010 年 4 月移交市国资委监管。作为全国沿海主要港口和集装箱干线港，广州港是华南沿海功能最全、规模最大、辐射范围最广的综合性枢纽港。公司注册资本 25.84 亿元，截止 2018 年底，资产总额 348.04 亿元，现有从业人员 21286 人，其中企业职工 12133 人。

按照习近平总书记对广东工作“四个走在全国前列”的要求和市委市政府建设国际航运中心的战略部署，广州港集团加快推进企业改革，明确了港口运营、海港地产、海港商旅、水产渔业和港口金融支撑功能为主体的“四板块一支撑”产业发展布局。

立足于打造国际一流的港口运营商。广州港股份有限公司作为广州港集团旗下港口经营主体，于 2011 年 1 月以广州港集团为主发起人成立；主要负责港口装卸与港口物流业务运营，于 2017 年 3 月 29 日在上交所主板正式挂牌上市。2018 年，广州港集团货物吞吐量、集装箱量分别完成 4.8 亿吨和 1903 万 TEU，广州港全港完成货物吞吐量 6.12 亿吨、集装箱量 2191 万

TEU，同比分别增长 3.7%和 7.6%，均位列全国沿海港口第四，全球沿海港口第五位。两项排名均进一步上升，为广州国际航运枢纽在新起点上进一步建设奠定基础。

## 2 项目实施

### 2.1 网络性质

本 4G、5G 无线专网服务项目由广州联通提供。

本 4G、5G 无线专网服务范围为：广州港南沙四期集装箱码头生产作业区域。

本 4G、5G 无线专网服务内容：提供 4G、5G 无线专网连接服务，港区内专用 4G、5G 通信终端设备可以通过 4G、5G 无线专网与港口内网服务器实现数据业务互通。

本 4G、5G 无线专网服务性质：港区 4G、5G 专网资源为四期码头业主专用。广州联通为专网业主提供专用 SIM 卡接入 4G、5G 专网网络。专网网络资源仅支持安装专用 SIM 卡的 4G、5G 设备使用。

本 4G、5G 无线专网频段权属：港区 4G、5G 无线专网采用广州联通提供的通信网络设备建设，使用中国联通授权频段进行运营。中国联通保留授权频段的相关权利。

### 2.2 网络架构

无线网：港区内建设 4G 专用基站和 5G 专用基站，4G/5G 无线网络均在运营商频段上部署网络。

核心网：4G 专网方案采用基于 3GPP 标准的 4G 独立核心网，在港区内部署一套 4G 独立核心网硬件设备，包含全部控制面、用户面网元（MME/HSS/GW-C/GW-U），实现港区内用户接入、鉴

权、分流，满足 4G 专网数据业务流在港区内闭环。

5G 专网方案采用基于 3GPP 标准的 5G SA 核心网，在港区内部署一套 5G UPF（用户面功能）设备，5G 控制面共用联通 5GC 核心网，用户接入、鉴权、用户开户等由大网 5GC 统一管理及实现，并引入 MEC 边缘计算能力，保障港区内 5G 网络带宽及时延要求，满足 5G 专网数据业务流在港区内闭环。

港区内 4G 专网和 5G 专网在核心网、传输网、无线网均为独立运行。专网实现 4G 专网和 5G 专网互为备份。

网络中各网元系统如结构图 13-1：

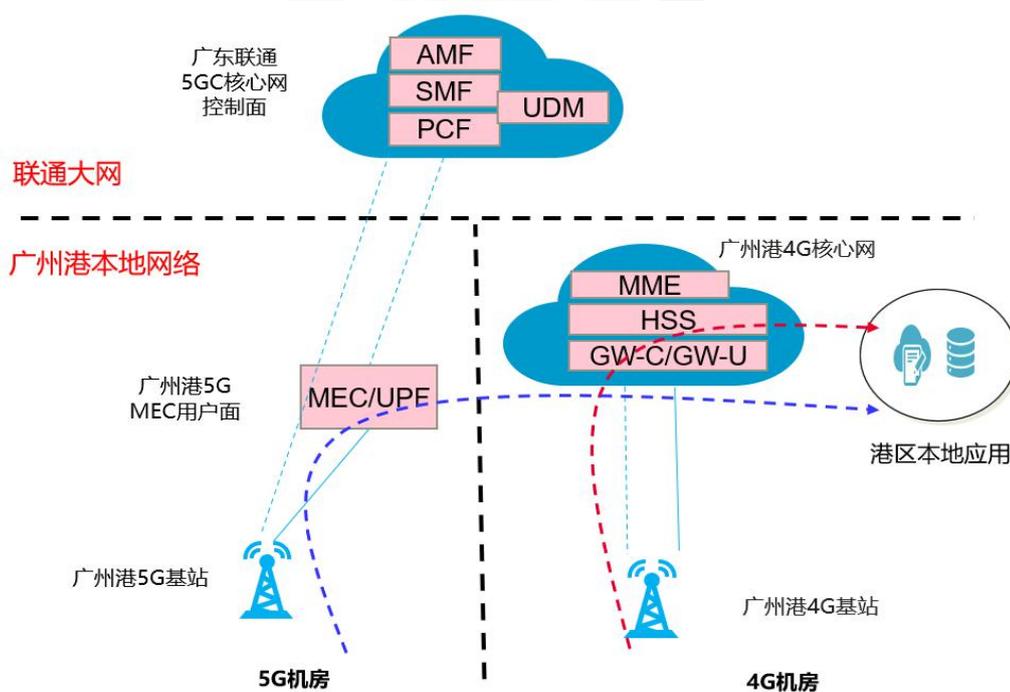


图 13-1 网络中各网元系统结构

传输网：通过新建传输网设备，实现 4G 专网和 5G 专网的远程网管监控数据、专网的用户开户数据等网管数据与联通大网对接同步，确保联通监控中心能够实时监管 4G 专网和 5G 专网的正常运行。

## 2.3 网络能力

4G、5G 无线专网覆盖范围为广州港南沙四期集装箱码头内生产作业区域。4G 专网总传输带宽为 1Gbps，5G 专网总传输带宽为 2Gbps。

### (1) 网络演进

4G、5G 专网核心网设备基于现有 3GPP 标准版本建设和运营，后期可根据 3GPP 最新标准提供版本升级能力。

### (2) 4G 网络规格

- 基站设备（室外及室分）：

4G 基站架构：采用 DBS 设备，建设形式为 BBU+RRU+天线。

4G 基站数量：基于 4G 业务规划 8 个 4G 基站，配置为 2 个 S11 和 6 个 S111 站点。

目标灯塔平台挂靠安装 4G 基站设备，8 个站点分布如图 13-2：

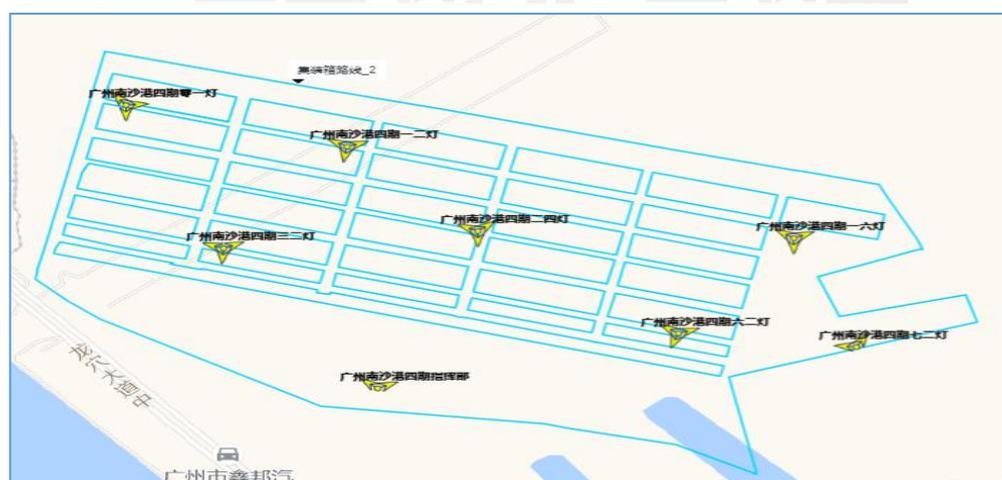


图 13-2 4G 基站设备安装分布图

4G 基站设备安装：BBU 为港区室内机房或室内机柜安装，RRU 在港区自建灯塔塔顶平台安装。

天线挂装：4G 天线及 RRU，挂装至港区自建灯塔通信平台，

30~35 米，由土建方同步做好安装 RRU/AAU/天线的抱杆。

机房：为安装 BBU 及传输设备，需提供 1 间机房。4G 机房需放置 1 台室分 BBU，8 台 4G BBU，至少需要 46U 空间。

表 13-1 网络设备规格统计

类型	设备类型	设备名称	尺寸（高 x 宽 x 深）	典型功耗（W）	重量（kg）	数量
宏站设备	4G	BBU	2U(上下间隔 1U)	400	7	8
		RRU	400mm x 300mm x 100mm	160	14	22
		两端口天线	—	—	—	22
	交转直模块		400mm x 300mm x 50mm	—	7.5	22
室分设备	4G/5G	BBU	2U(上下间隔 1U)	500	18	1

● 4G 核心网部署方式：

根据南沙四期码头建设进度，核心网设备部署分两个阶段执行。

第一阶段：临时集装箱机房，部署 1 个机柜，包含 1 台服务器、2 台业务交换机、2 台防火墙，实现 4G 专网能力部署。

第二阶段：港区正规机房，部署 1 个机柜，包含 1 台服务器、2 台业务交换机、2 台防火墙，实现 4G 专网能力部署。

**(3) 5G 网络规格**

● 基站设备：

5G 基站：采用集成度更高的设备，建设形式为 BBU+AAU。

当前规划为 10 个 5G 基站，配置为 S111,港区同步建设好通信设备的安装平台和抱杆，以备后续新型业务扩展需求之用，包括灯塔侧具备 AC 引电，光纤管道到灯塔，能够支撑未来新增

5G 业务对基站加密的需求。其中 10 个 5G 站点布局图如图 13-3:

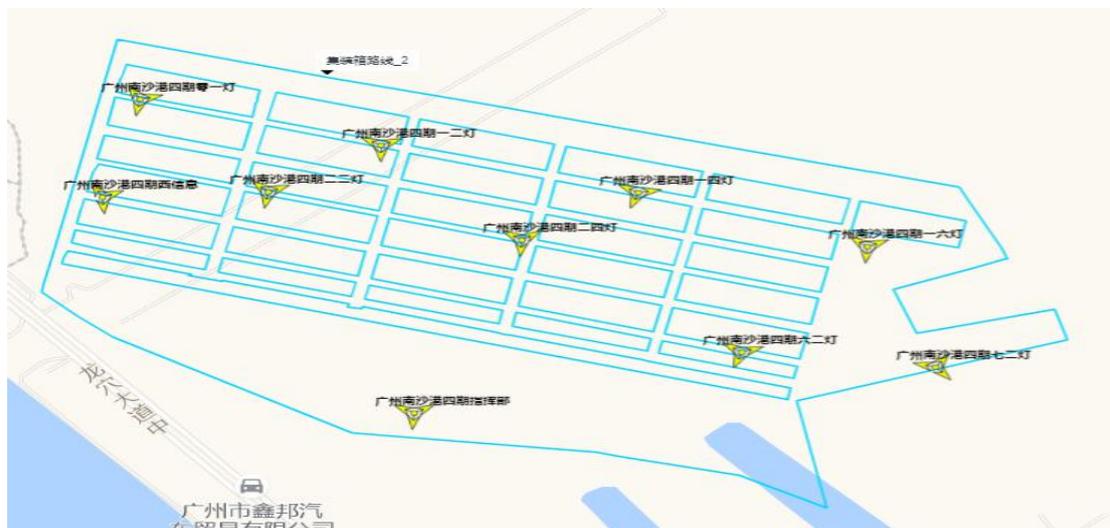


图 13-3 5G 基站设备安装分布图

5G 的 BBU 在港区室内机房或室内机柜安装, AAU 在港区自建灯塔塔顶平台安装。

机房: 为安装 BBU 及传输设备, 需提供 1 间机房。5G 机房需放置 10 台 5G BBU, 至少需要 43U 空间。

表 13-2 网络设备规格统计

类型	设备类型	设备名称	尺寸(高 x 宽 x 深)	典型功耗(W)	重量(kg)	数量
基站	5G	BBU	2U(上下间隔 1U)	500	18	10
		AAU	699mm x 395mm x 160mm	747	23	30
	交转直模块	400mm x 300mm x 60mm	—	7.5	30	
室分设备	4G/5G	BBU	2U(上下间隔 1U)	500	18	1

#### (4) 4G/5G 设备组网示意图

港区内的机房设备与室外设备间线缆连接及组网架构如图 13-4:

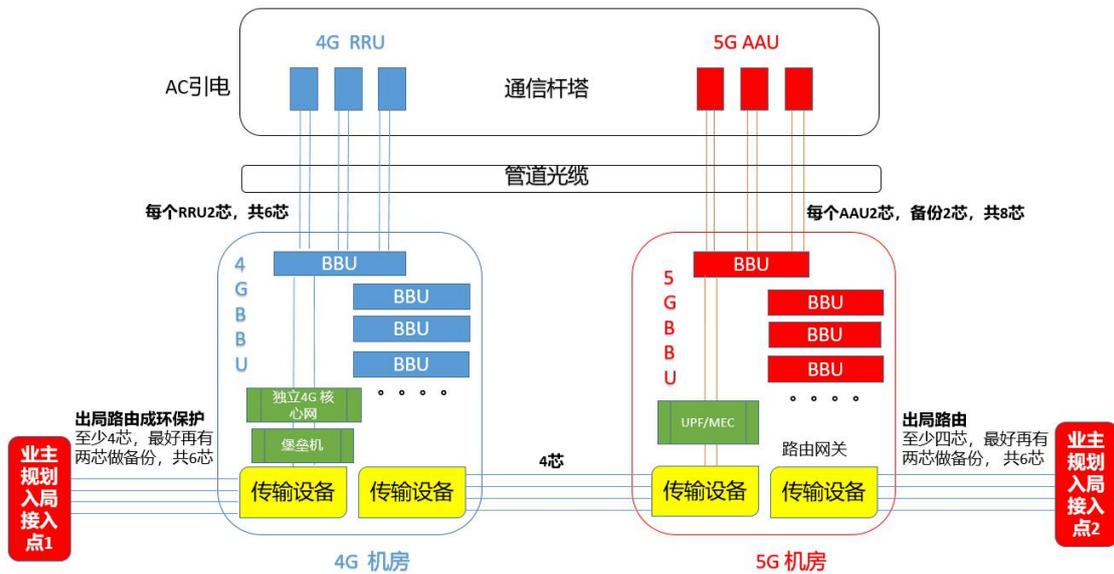


图 13-4 机房设备与室外设备间线缆连接及组网架构

为保障网络运维的高效，基于以上组网架构，本项目应实现联通自有网管与 4G 独立核心网设备及 4G 基站设备通过联通传输设备及港区堡垒机进行互通，实现联通自有网管与 5G MEC/UPF 设备及 5G 基站设备通过联通传输设备进行互通，确保实现对 4G 专网和 5G 专网的远程实时性能监控，以保障网络的正常运营以及突发故障时的即时响应和抢修工作。

### 3 实施效果

在港区内建设一套 4G 独立核心网，一套 5G MEC，并且同步建设 4G/5G 基站，实现港区内无线全覆盖以及港区设备数据的本地化闭环。

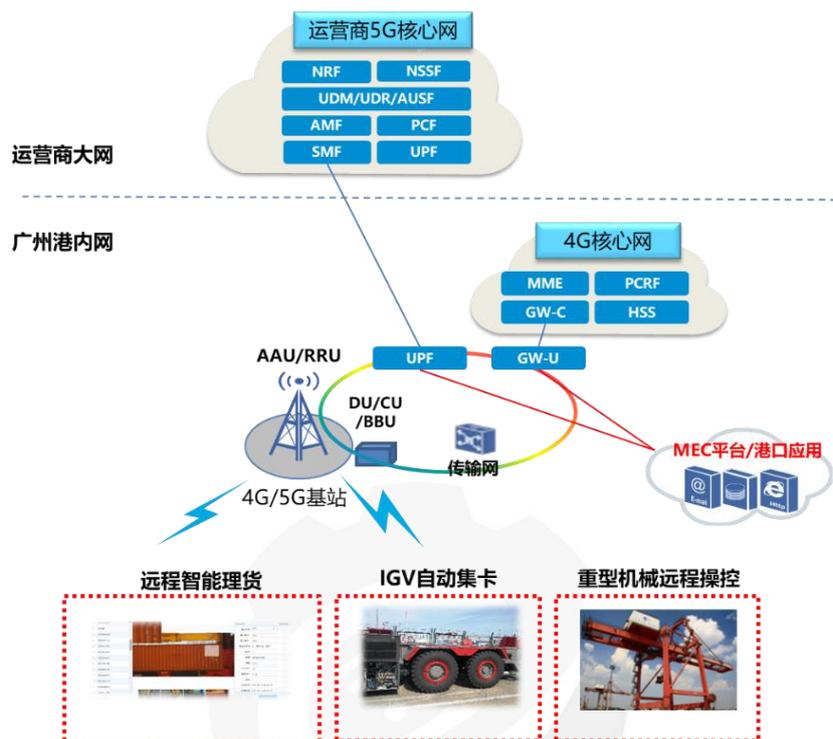


图 12-5 港区网络部署规划应用效果

**4G/5G 基站：**实现港区内 4G、5G 无线网络全覆盖，为设备提供无线网络连接。

**4G 核心网：**实现 4G 网络本地化运行，不受外部线路中断影响，实现数据本地分流。

**5G MEC：**通过部署 5G 边缘端核心网元 UPF，实现本地数据分流，保障港区内大带宽、低时延业务（岸桥、轨道吊的远程控制，IGV 的备份线路）需求

**智慧港口 5G 应用联创工作室目标：**共同孵化新基建形式下的港口 5G 创新应用，打造 5G 智慧港口广州方案，并为老旧码头改造提供借鉴，共同孵化，出成果，联合向政府有关部门申请项目资金补贴。

---

# 欣旺达 5G+工业互联网

欣旺达公司

中国联合网络通信有限公司深圳市分公司

---

## 1 项目背景

欣旺达 1997 在深圳创立。历经二十余年，公司发展成为全球锂离子电池领域的领军企业，形成了 3C 消费类电池、智能硬件、电动汽车电池、储能系统与能源互联网、智能制造与工业互联网、第三方检测服务六大产业群，并致力于为社会提供更多绿色、快速、高效的新能源一体化解决方案。欣旺达一方面进行自动化产线升级改造和核心装备研发，积极探索新能源行业智能制造及数字化工厂整体解决方案；另一方面打造工业互联网平台，赋能企业数字化转型；欣旺达还成立第三方检测服务平台，专注于提升产品质量，提炼行业共性技术，并积极参与国家行业标准制定。

欣旺达在深圳有两个园区，分别位于宝安和光明，现有网络主要是有线网络结合 WiFi 布网。存在以下痛点：

- 有线网络部署不方便，无法满足柔性生产需求
- 无线 WiFi 网络存在漫游丢包、时延高等问题，特别是针对 AGV 小车这种移动场景有缺陷
- 电芯产线的 AI 视觉检测、机器人/机械臂远程操控、无尘/防爆车间设备高清视频监控等创新应用

在兼顾性能和成本的指导原则下，充分发挥 5G 网络大带宽、低延时、大连接、高移动性的优点。在欣旺达生产车间，实现 5G 网络替代传统的有线光纤和 WIFI，将 MEC 边缘云平台下沉到欣旺达机房。在边缘云平台上部署“工业协同”应用，并借助 MEC 实现分流功能，做到重要数据不出园区，借助 5G 与 MEC 建立 5G 柔性生产线，实现柔性生产。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

基于 MEC 打造欣旺达工厂的专网方案，MEC 接入机房部署形成企业本地专网，快速实现园区互联互通，替代现有 Wi-Fi 网络或部分有线 IP 网络。

按照本次应用场景需求，初步建立 5 个宏基站、一套室分系统和一个 MEC 边缘计算平台，利用 MEC 边缘计算平台进行业务的虚拟隔离，保障生产数据安全。利用 5G 网络组成企业专属网络，保障网络高可用性，冗余备份。BBU 上联到 IPRAN 采用双路由保护。分流网元 UPF/GW-U 及平台均部署在客户侧接入机房，对于需要本地分流的业务，分流网元将流量分流至本地平台，本地为客户提供服务。

基于 5G+MEC 实现大带宽、低时延业务的应用，以 5G+AGV 小车、5G+机器视觉、5G+自动分拣为代表

### 2.2 系统架构

基于 MEC 和 5G 数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的灵活定制，为行业用户构建一张增强带宽、低时延、数据不出园的基础连接网络。5G 混合专网的核心网用户面网元 UPF

为行业用户私有化部署，无线基站、核心网控制面网元根据客户需求灵活部署，为用户提供部分物理独享的 5G 专用网络。满足行业用户大带宽、低时延、数据不出园区的需求。该模式下行业用户网内业务数据本地卸载，可通过功能定制优化，减小公众网络故障对用户生产业务的影响，保障生产安全。

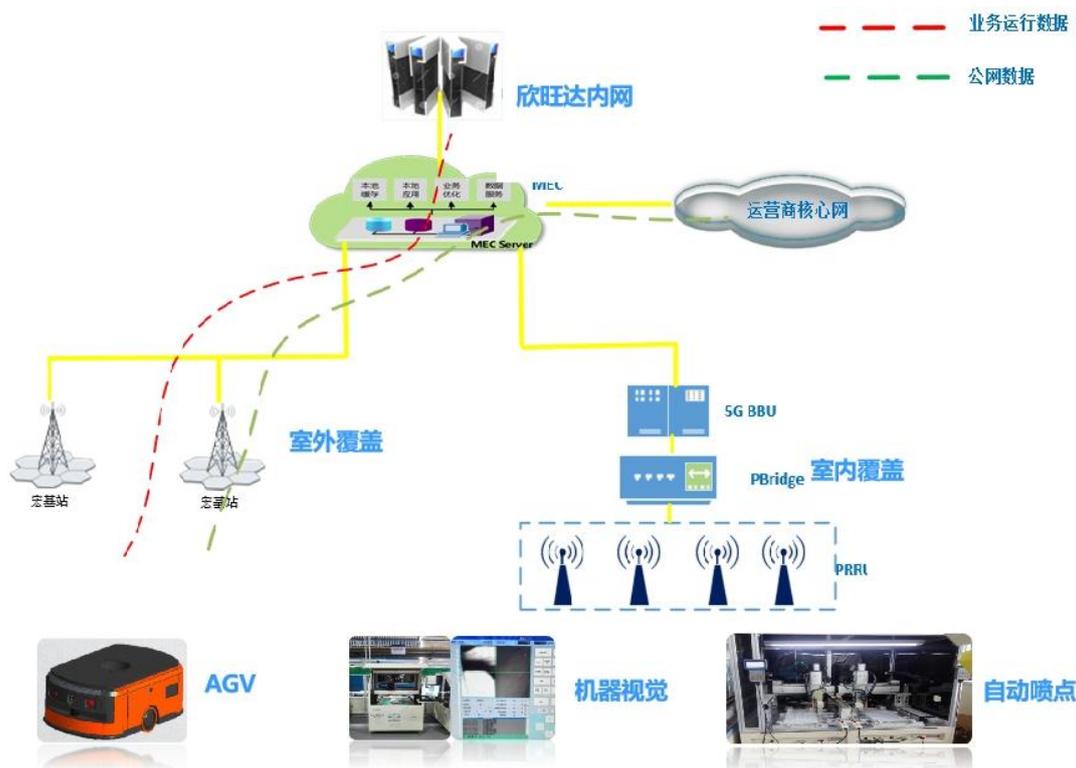


图 14-1 系统架构

## 2.3 网络拓扑设计

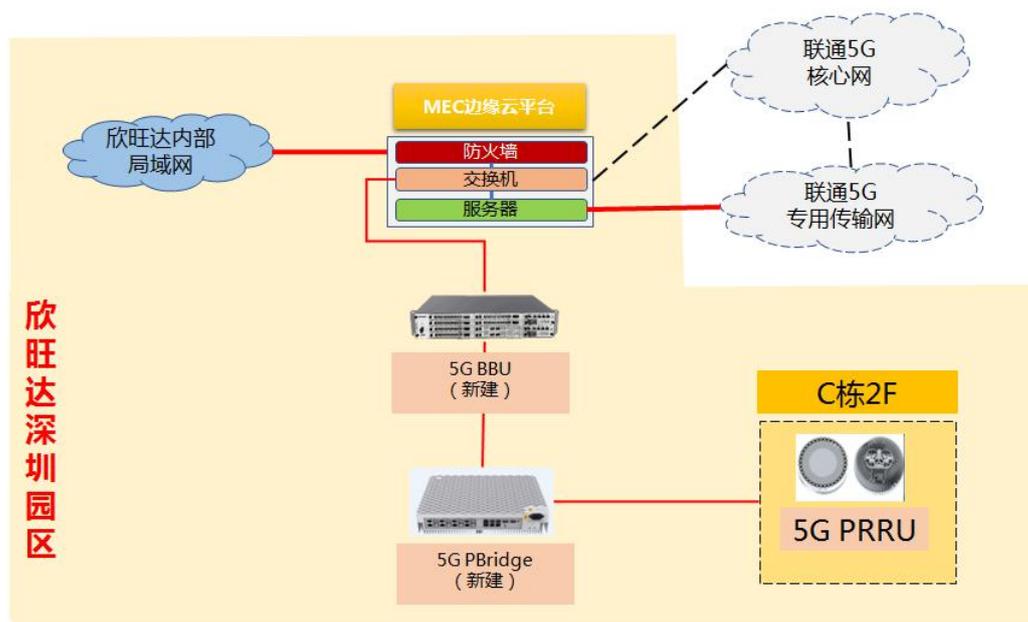


图 14-2 网络拓扑

MEC 平台通过串接部署在基站和 IPRAN 之间，对流经 MEC 平台的接口信令数据以及的用户面数据拷贝一份分别进行分析处理。

控制面信令数据对于终端用户的控制面数据，MEC 平台采用透传的方式发送至核心网，完成终端正常的鉴权、注册、业务发起、切换等流程，与传统的网络无任何区别。即无论是本地业务还是公网业务，终端用户的控制依然由核心网负责，从而保证了基于 MEC 的本地分流方案对现有网络和终端是透明的。

分流具体过程：用户面数据分析该 IP 数据分组的目标 IP 地址、源 IP 地址以及端口等信息，根据 MEC 平台预先配置的本地分流规则（目标 IP 地址、目标 IP 地址+ 端口、源 IP 地址等）进行处理。

公网业务：MEC 平台将原数据分组透传给 IPRAN，无需处理。

本地业务：MEC 平台根据本地分流规则将 本地业务 IP 数据分组转发至本地网络，完 成本地业务的分流。

## 2.4 网络部署方案

项目一期覆盖区域：C 栋 2F 整个车间，C 栋 2F 物料房，C 栋 2F 办公室。该项目使用 5G 设备包括 BBU、PBridge、PRRU。

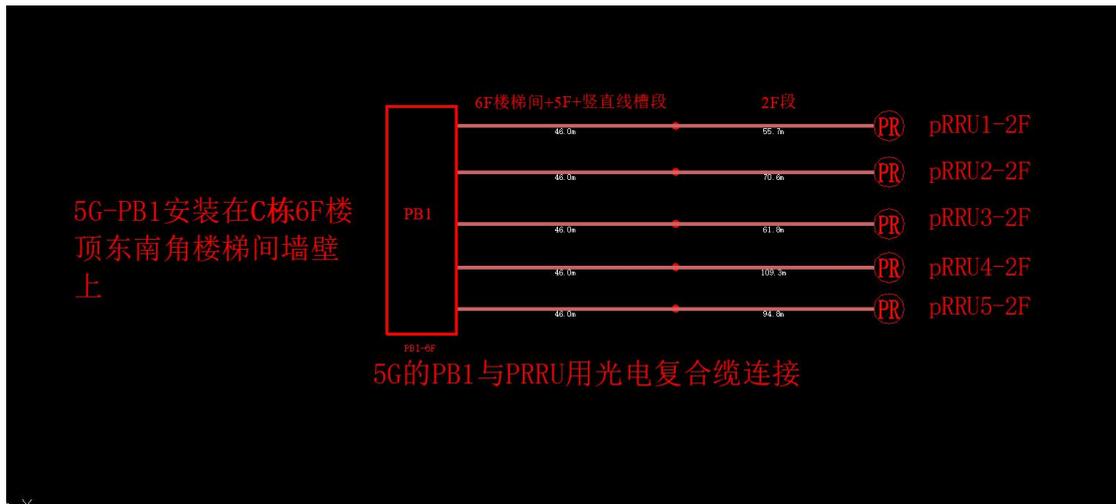


图 14-3 深圳石岩欣旺达水田工厂 2F 组网图

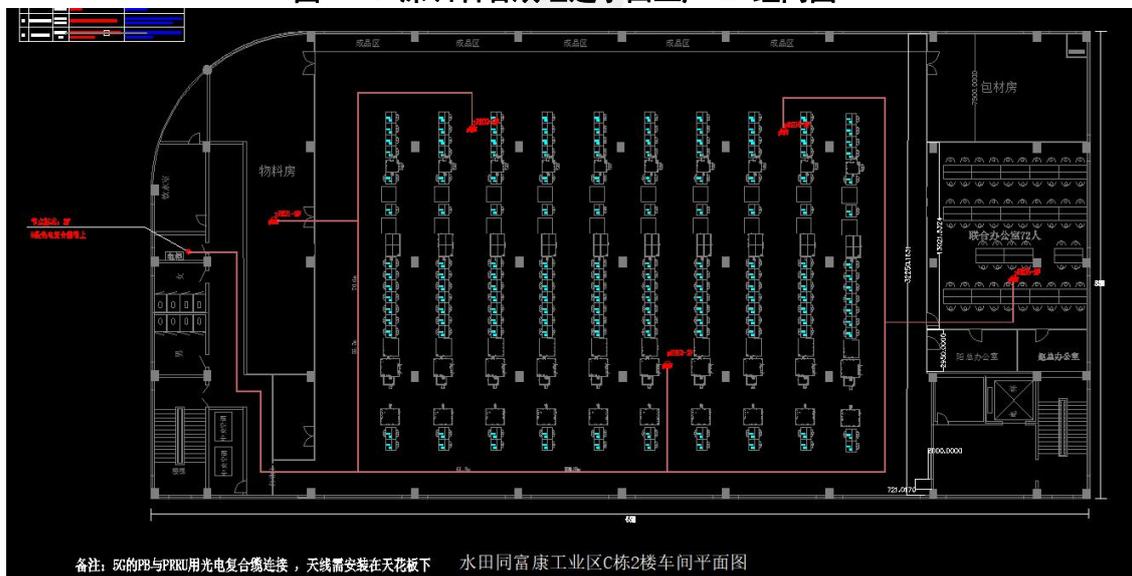


图 14-4 深圳石岩欣旺达水田工厂 2F 区域安装 5 个 PRRU，充分覆盖 2F 区域



的低时延高可靠，提升 AGV 的应用效果：

- **控制更高效：**5G 网络的低时延特性在 AGV 移动应用中，能够让 AGV 接收任务，反馈数据变得更高效率迅捷。
- **通讯更可靠：**5G 的 NR 技术使控制信号不受其他信号干扰。
- **运行更安全：**及时获取暂停或停止等信号，停止距离有效缩短。

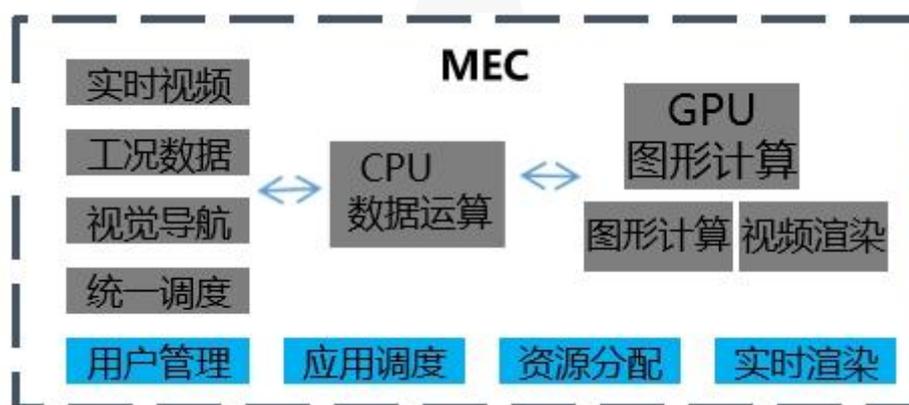


图 14-6 AGV 架构图

## 2) 智能化制造

通过 5G+MEC 建设实现 IT 与 OT 的融合，传统工业企业网络缺乏整体规划，OT、IT 两张网，金字塔式数据交互架构，信息层次多，网络组织分散，难以实现统一管理，并实现对有线网络的备份。5G 网络与 MES、APS 等系统结合，实现后期的柔性制造。可实现以下基于 5G 的新型业务

- 电芯自动分选
- 电芯剥皮&喷码
- 电芯自动插仿形板
- 自动点胶&装汇流排
- 模组自动装配

- 工业视觉检测

通过高分辨 5G 工业相机作为采集设备，经由 5G 基站传输实时高清图片数据到边缘 MEC 分流。

由边缘 AI 服务器进行智能计算处理，处理结果实时返回到现场联动设备。

MEC 部署一套软件，灵活扩展前端硬件设备，降低了维护成本，便于统一运维管理及软件算法的迭代更新

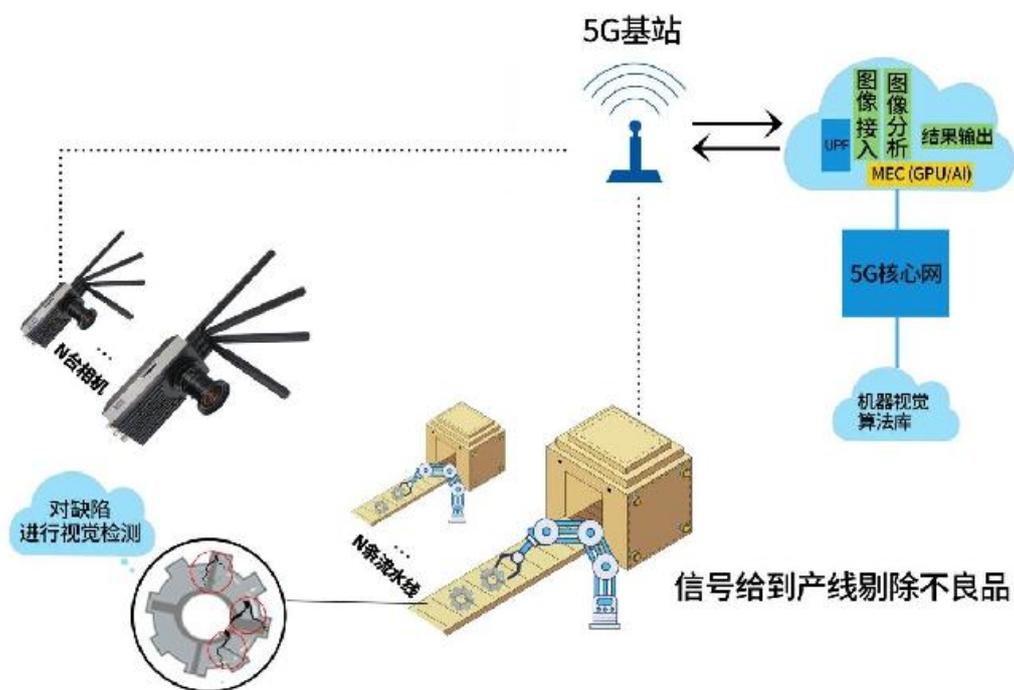


图 14-7 5G 工业视觉检测

### 3) VR/AR 营销和培训

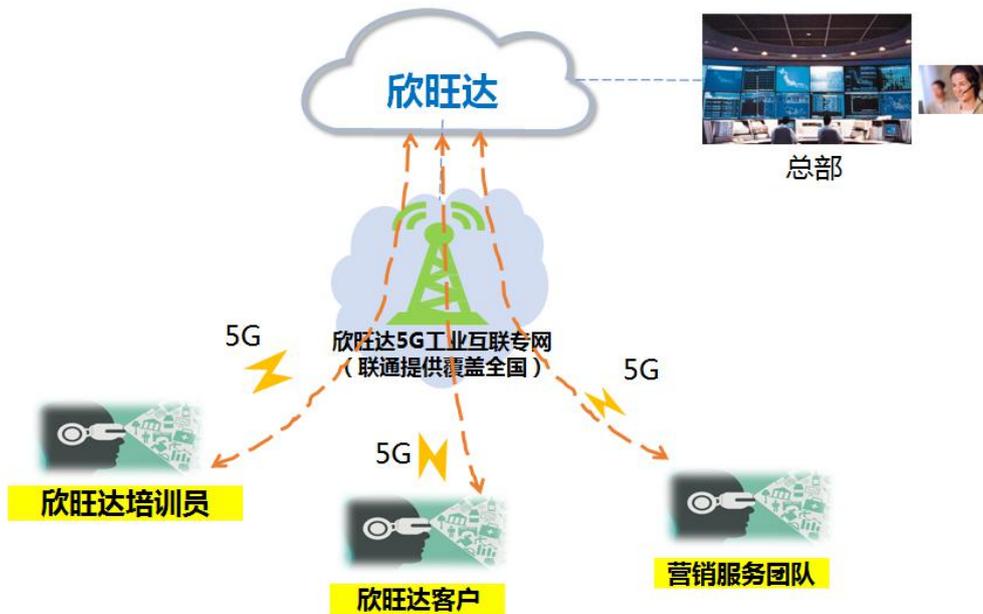


图 14-8 VR/AR 营销和培训

借助 VR/AR 眼镜等，远程进行业务培训、设备交付和售后故障处理等。

使用 AR 眼镜，现场操作中，实现与远程专家的音视频双向实时沟通。远程专家可以对现场作业情况进行指导，配合现场人员进行快速解决问题，提高效率。

应用 AR 物体、图形/图像识别以及机器深度学习技术等应用，配合 AR 眼镜或手机/平板等智能终端相结合，让作业人员、培训人员或产品用户能够戴上眼镜或拿手机、平板等智能终端扫描目标物体，即可快速了解获得目标物（设备、机器、产品）的参数/配置等信息以及操作指导或使用说明。

#### 4) 超高清视频会议

- 借助 5G 网络实现移动场所高清视频会议，支持视频监控画面入会；
- 5G 大带宽保证画面的流畅及移动性需求；

- 5G 大带宽和低时延保证转动摄像头后画面实时更新。
- 超高清视频监控
- 安装超高清视频监控设备；
- 通过 5G CPE 将视频传输 5G 基站，并传到视频服务器，通过视频服务器转发视频流到 5G 基站，并推送到监控室大楼 CPE；
- 通过 CPE 和路由器有线连接监控室大屏。

### 3 实施效果

通过本项目的实施，完成欣旺达公司园区网络改造，并且实现以下方面的提升：

- 1、生产效率提升 17.1%；
- 2、人员数量减少 40%；
- 3、系统误判率降低 1.1%；
- 4、设备异常平均停机时长减少 62.3%；
- 5、AGV 运行过程中实现 0 掉线率；

---

# 龙旗电子 5G+智慧工厂标杆示范项目

龙旗电子（惠州）有限公司

中国联合网络通信有限公司广东惠州市分公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

龙旗电子（惠州）有限公司成立于 2009 年 11 月，专注于智能手机、平板电脑以及各类新型智能穿戴、家居产品的设计、研发、生产与服务，整机出货量及综合影响力在同行业中稳居前三位。

集团在仲恺建有制造基地，占地面积 164 亩（近 11 万平方米），总建筑面积近 18 万平方米，其中厂房面积 9 万平方米，另外租用物流仓库 5 万平方米，工厂现拥有综合测试线、千级无尘贴合车间、自动点胶、自动贴膜、自动锁螺丝、自动称重、环行自动线、工业机器人、MIMI 自动测试等先进自动化设备。拥有 1 个研发中心，1 个可靠性实验室；工厂拥有共 50 条贴片线，90 条组装线，产能 350 万台/月，年总产能可达 4000-5000 万台。

随着与华为、小米等重点客户的深度合作，未来龙旗惠州基地的产能将得到进一步的提升，技改设备投资将逐步扩大，园区在硬件和软件上都将更上层楼，产品升级和动能转换也将有质的飞跃，工业互联网将引领企业良性发展，惠州制造基地将迎来新的更大改变，绿色示范园区呼之欲出，同时公司也在积极布局 5G 建设，为新产能做好技术和智力储备，为惠州市和

仲恺高新区经济和社会发展等各个方面做出企业更大贡献。

## 1.2 园区网络现状

在网络建设方面，将根据 5G 宏站建设——5G 室分建设——5G 专网进行 5G 网络建设。5G 宏站用于广覆盖，之后根据 5G 应用进行室内深入覆盖，把 5G 网络下层至园区。最终依靠 5G 技术大带宽、低时延、多连接的制式特点，以及 SA 组网模式下的网络切片和 MEC 云边协调，建设 5G 专网，实现整个园区的数字化转型升级。截止目前 5G 宏站已完成 3 个站点建设，在 5G 室分建设方面，根据具体应用部署已完成室分勘查设计，规划建设 30 个数字化室分 DOT，有效覆盖面积达 7000 平方米。

## 1.3 园区网络痛点分析及网络化改造需求分析

龙旗的生产场景包含的产品种类复杂繁多，生产数据回传大，通过 5G 网络传输可以保障数据各个数据的快速采集和打通，实现生产流程可视化，同时保障各个环节信息的双向流通。

在设备数据采集方面，5G 的海量链接特性能够将各个工序的设备通过工业网管设备统统洁怡，5G 无线网络与工业以太网及现场总线等有线通信配合，实现有线通信与无线通信的无缝集成，并将数据快速回传到云端，在云端完成相关业务的计算、存储和处理工作。

并且，通过 5G 与工业互联网的充分结合，通信信息技术与电子信息产品制造相融合，能够实现机器设备健康管理（实时运行生产状态、能耗状况等）、人机一体化协同作业、生产过程质量追溯、产品生命周期质量管理。从而优化对装备和资源的使用，推动生产和运营的智能化，创造新的经济成效和社会价

值。5G+工业互联网将突破了时空界限，结合胜宏本身的信息化建设基础，更好实现生产过程资源的网络化配置，实现社会化协同生产。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

通过 5G 网络切片的方式为龙旗提供企业专网，为龙旗不同的业务类型提供不同的切片，以最大限度满足生产制造、厂区监控、企业管理等业务需求，同时通过在厂区内建设若干 MEC 节点（具备容灾备份机制），把厂区内的各种业务数据、管理数据在本地直接送至龙旗厂区内的企业服务器，企业数据不通过公网传输，保障了安全性，而且降低了业务时延，提高了可靠性，为智能制造和 AR 类业务提供了安全、可靠、稳定的网络环境。

### 2.2 网络拓扑设计

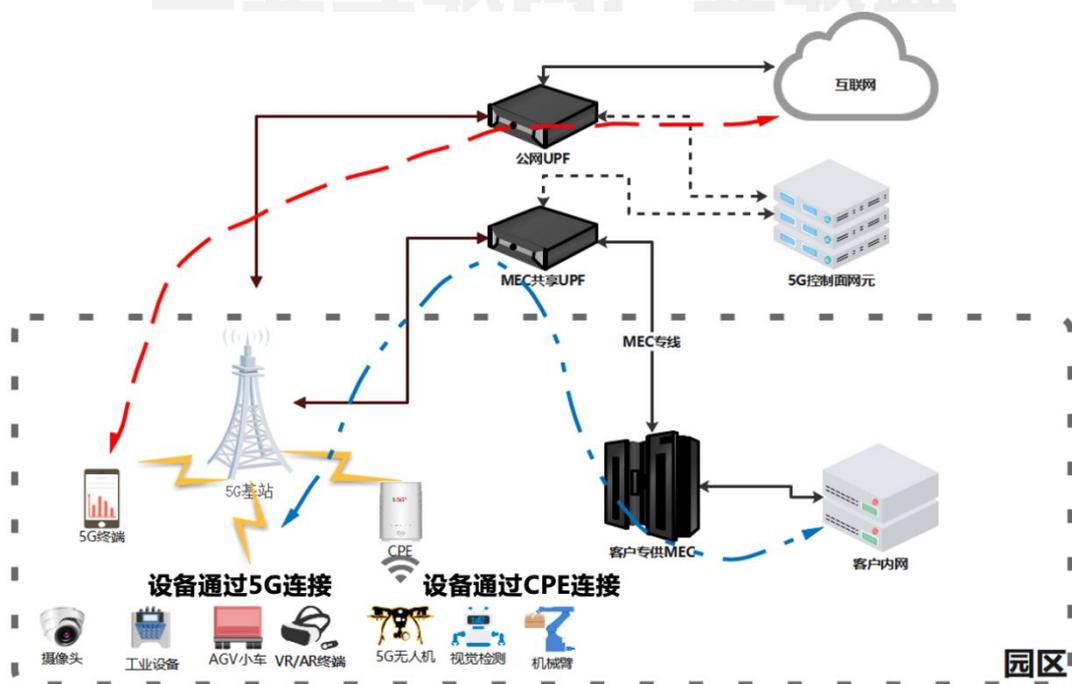


图 15-1 园区网络拓扑

园区内通过 5G 网上行连接到本地区部署的共享 UPF 进行数据流传输交互，根据预先分配的分流策略，确保数据流转回下沉到客户端的 MEC 云，数据不出核心网和外网；（蓝色线）；其他普通大网用户若有上网需求，直接访问互联网。（红色线）。

### 2.3 应用简介

场景一：5G+MEC+SMT 全产线数据采集：基于 5GMEC 专网，前端通过 5G 工业网关采集 17 条 SMT 产线 296 台核心设备（日本富士 NTX 贴片机）状态数据、产线状态、稼动率等生产数据，在 5G 智联平台实现全厂 SMT 线状态监控，实时监控 SMT 产线的运行状态，产线下各设备的运行状态情况，以及设备稼动率等，实现了全省首个基于 5G 专网实现核心产线设备（国外设备）协议对接、数据采集分析。

场景二：5G+能源在线检监测：在全厂区重点用能设备如变压器、配电房、空压机、用气端等设备上加装表计及采集模块等采集用能数据，通过 5G 网关进行数据传输至能耗在线监测云平台，实现全厂区能源数据无线传输及全厂能源精细化管理。

场景三：5G+AI 工艺行为识别：龙旗电子小米事业部车间中手机后盖板作业线关键操作工位。盖板模具定位打螺丝要求的精准度极高，因此后盖板作业线作为生产过程中的关键步骤，一旦出现误操作将造成产品的严重损坏。通过 5G+AI 针对工人作业的姿态行为轨迹进行识别，通过架设工业相机对工人的作业姿态生成骨架图、并产生防疲劳预警及工作岗位人员长期缺勤提醒等功能，确保工人正在工作状态中，及时发现车间人员异常操作情况，有效降低人工误操作率。

场景四：5G+AR 远程运维：在 5G 条件下面向工厂巡检人员搭建的 AR 全息通讯平台，将该平台用于故障诊断维修中现场人员和远程专家的通讯，解决以往需要专家亲自到现场才能工作所带来的时间延误，停产停工等问题。

## 2.4 安全及可靠性

根据 5G 安全设计原则，将 5G 网络安全架构分为以下八个安全域：

(1) 网络接入安全：保障用户接入网络的数据安全。

控制面：用户设备（UE）与网络之间信令的机密性和完整性安全保护，包括无线和核心网信令保护。其中核心网信令包括 UE 到服务网络公共节点的信令保护，以及根据切片安全需求部署的 UE 到网络切片（NS）内实体的信令保护。用户面：UE 和网络之间用户数据的机密性和/或完整性安全保护，包括 UE 与（无线）接入网之间的空口数据保护，以及 UE 与核心网中用户安全终结点之间的数据保护。

(2) 网络域安全：保障网元之间信令和用户数据的安全交换，包括（无线）接入网与服务网络共同节点之间，服务网络共同节点与归属环境（HE）之间，服务网络共同节点与 NS 之间，HE 与 NS 之间的交互。

(3) 首次认证和密钥管理：包括认证和密钥管理的各种机制，体现统一的认证框架。具体为：UE 与 3GPP 网络之间基于运营商安全凭证的认证，以及认证成功后用户数据保护的密钥管理。根据不同场景中设备形式的不同，UE 中认证安全凭证可以存储在 UE 上基于硬件的防篡改的安全环境中，如 UICC（通

用集成电路卡)。

(4) 二次认证和密钥管理：UE 与外部数据网络（如，业务提供方）之间的业务认证以及相关密钥管理。体现部分业务接入 5G 网络时，5G 网络对于业务的授权。

(5) 安全能力开放：体现 5G 网元与外部业务提供方的安全能力开放，包括开放数字身份管理与认证能力。另外通过安全开放能力，也可以实现 5G 网络获取业务对于数据保护的安全需求，完成按需的用户面保护。

(6) 应用安全：此安全域保证用户和业务提供方之间的安全通信。

(7) 切片安全：体现切片的安全保护，例如 UE 接入切片的授权安全，切片隔离安全等。

(8) 安全可视化和可配置：体现用户可以感知安全特性是否被执行，这些安全特性是否可以保障业务的安全使用和提供。

### 3 实施效果

#### (一) 产业效益

(1) 项目实施内，实现 20 人就业；

(2) 项目实施第一年实现 200 万元经济效益、第二年实现 300 万元经济效益、第三年实现 500 万元经济效益；新增纳税 150 万；

(3) 实现 200 台生产设备及平台维护联网；

(4) 设备稼动率提高 5%，良率提升 2%，生产效率提高 10%，报废率降低 0.5%，故障时间降低 5%；

(5) 生产现场数据的智能采集与生产过程的可视化展示，形成 6 个工业软件应用。

项目可推广生产过程管理、生产设备管理、能耗在线管理、5G 网络四大场景下核心生产设备的互联互通以及生产和经营系统的信息集成和数据全面贯通，在此基础上，工业互联网平台将数据进行分析并通过可视化呈现实现生产设备的虚拟化实时监测，发现生产过程可能存在的问题隐患，及时排查潜在问题以及避免可能导致的不良结果，保障生产过程的高质量管理，对相关行业的生产过程管控与优化。

## (二) 社会效益

作为手机产业上游的 ODM 企业除了要投入资金进行研发，还要花费大量的资金进行物料采购、厂房建设，ODM 行业属于是高投入，利润率低的行业，行业毛利率在 8% 左右，净利润率往往不到 3%。目前利润空间主要依靠研供应链成本管控以及生产制造。本项目通过生产过程管控、产品质量追溯、设备预测维护、能源实时监管等应用上线降低了龙旗在生产过程中的制造成本及整体园区的运营成本，降低成本所获得的利润再反哺完成企业网络化、信息化、智能化改造，从而带动企业产线升级换代。后续复制推广龙旗电子的先进模式，将会带动周边企业数字化转型，最终助力整个 ODM 行业提高利润，产业升级，进而打通产业链上下游的其他企业。

---

## 万家乐燃气具工业互联网智慧园区

广东万家乐燃气具有限公司

中国联合网络通信有限公司佛山市分公司

---

### 1 项目背景

2021年5月，万家乐全新热水厨卫电智能科技产业园正式投入运营使用。新的万家乐产业园总建筑面积达到18万平方米，总投入十个亿，该产业园整合试制、生产加工、仓储、研发、测试、办公为一体，投入运用后年产能可达到燃热300万套、灶具100万套，整个产业园以精益生产的理念和思路进行设计，新的产业园的投入使用标志着万家乐在智能制造领域再次转型升级，夯实了其在业内的领导地位。

万家乐全新热水厨卫电智能科技产业园从规划到落成经历了6年的时间，采用当下先进的园区网络架构，采用国际领先的MES生产制造系统、柔性生产线、全自动立体仓库、工业互联网平台等。通过本次项目的实施重点解决以下问题：

#### (1) 实现5G网络覆盖，提高数据传输效率

通过厂内5G网络覆盖，快速采集工厂、产线数据，在当前4G网络环境下，尽管已经实现有线及无线网络连接，但也纯在明显的缺点，首先时候延迟高，工业自动化设备的准确性和精准度低，无法做到实时协同；其次无法克服数据传递过程中遇到的各种障碍，网络传输收到各种因素影响，5G互联网技术的

无线化，高效化，准确性可以很好的满足这一需求。

### (2) 缩短产品开发时间

项目的实施，解决了产品开发困难，周期长等问题，为指导和优化产品设计带来最优的方法和提供最全面的解决方案，提高开发设计的效率，缩短研发的周期，产品的快速研发创新能力得到进一步的优化和提升。

### (3) 解决信息化基础薄弱问题

万家乐目前正在使用的一些系统，包括 SCM 系统、ERP 系统、BMS 系统等，已使用多年，随着公司业务的不断发展，已经不能在业务部门一些新的思路与需求上给予切实支持，不能满足公司业务发展需求，通过建立数字化工厂，提高工作效果和规范业务流程，实现信息传递的扁平化和业务流程的过程控制，提高产供销供应链的效率，最终建立覆盖底层设备、过程控制、车间执行、管理控制等无缝一体化的信息系统，打破信息孤岛。

## 2 项目实施

### 2.1 项目总体预期目标

基于工业互联网的技术架构，以集团核心业务流程为主线打造 5G 网络化、供应价值链和智能办公协同的信息系统，统筹建 HEC-CRM-SRM-ERP-OCP 等信息化系统，拉通全价值链端到端的数据，实现在全流程可视化、数字化、统计自动化、数据共享化、价值最大化，从而实现公司高效运营与管控。为企业带来“降本、增效、提质、创新”成效。企业总体绩效目标如下：

1. 产品研发周期缩短 25%；

2. 全员劳动生产率提高 20%;
3. 产品不良率降低 2PP;
4. 产能由 300 万台提高到 350 万台，提升 16%。

## 2.2 总体方案及系统架构

项目从 5G 网络化、价值供应链、智能化三大方面 10 个子项目进行建设，具体如下：

- 1) 5G 网络化：5G 专网、容灾备份；
- 2) 智能化：智慧园区、综合智能办公、云桌面；
- 3) 供应价值链：用户服务平台、OCP、SRM、MES、CRM；



图 16-1 项目顶层设计架构

## 2.3 网络拓扑设计

### 2.3.1 5G 专网技术方案

5G 专网分为物理专网和逻辑专网，物理专网是为企业用户端到端部署专用通信设备，逻辑专网指的是利用无线 PLMN ID、切片等技术，实现同一张网络不同虚拟专网互不干扰。

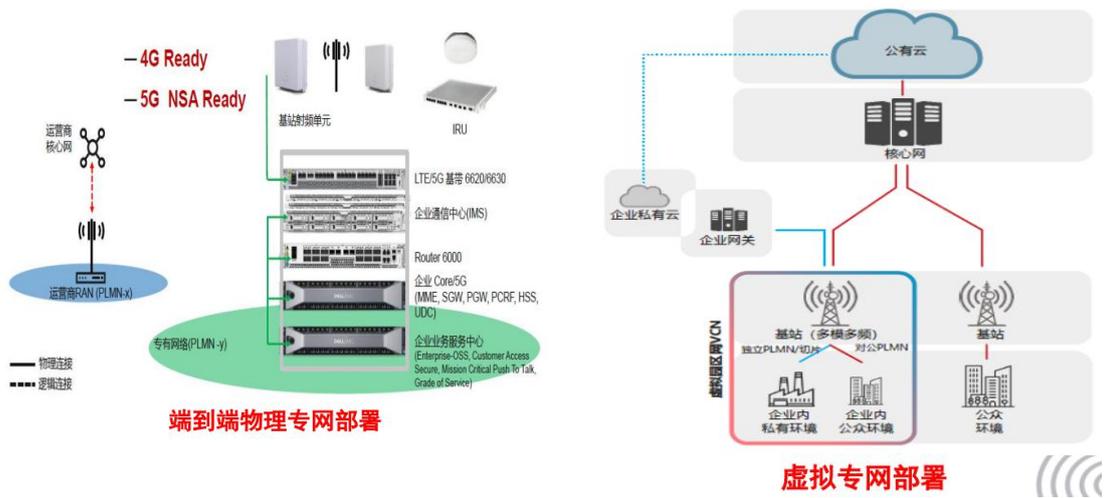
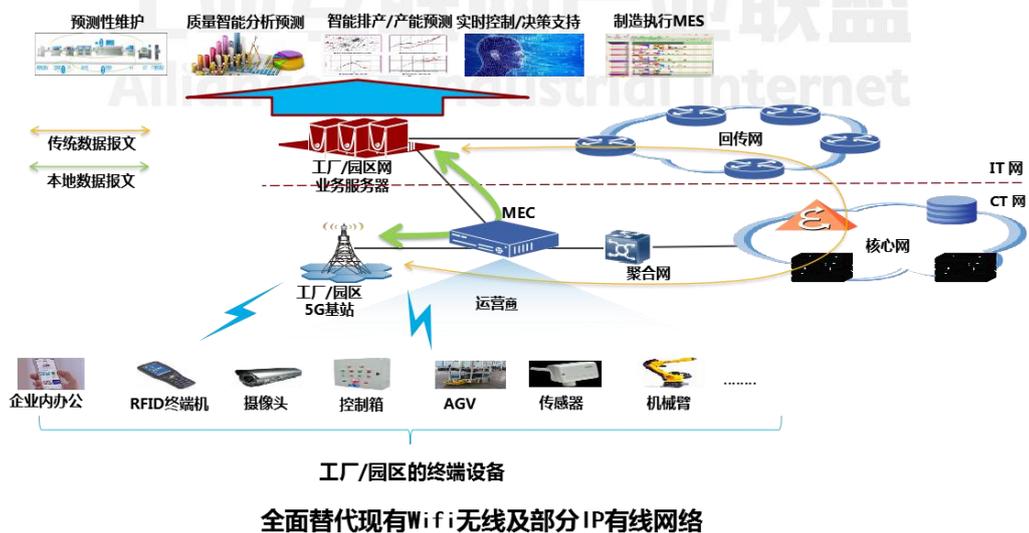


图 16-2 5G 物理专网及虚拟专网部署

### 2.3.2 5G 专网部署

对于万家乐 5G 专网，建议采用 MEC 结合多云管理平台等平台、系统的组合部署方式，未来随着 5G 发展，网络切片作为专网的特殊模式和未来演进方向，相互融合补充。

依托技术创新，打造万家乐云网一体应用示范展示区，引领园区创新升级。



工厂/园区的终端设备

全面替代现有Wifi无线及部分IP有线网络

图 16-3 智慧园区应用全景图

- 促进产业发展：产业集聚、产业链资源整合、共享；
- 引领创新办公：移动协同办公、VR 全息企业会议、远程

互动指挥等；

- 智能园区管理：安防管理（摄像头+边缘云+无人机）、园区智能部件管理（消防栓、路灯、井盖、垃圾桶等）、智能建筑、节能增效。



图 16-4 5G 示范园区整体方案架构

利用 MEC 的方式部署方式更加灵活，缓解了有线线路维护难度，有效节约部署的施工成本、加快了施工进度。同时，在边缘侧加载 AI 应用，面向智能安防、视频监控、人脸识别等业务场景，提供便捷、快速的智能统计、分析，降低管理人员的监管压力，数据通过 5G 网络，安全性得到保障，搭载在边缘侧的应用，比公有云响应更为及时。边缘云低时延、大带宽、快速响应等特性可以有效弥补当前基于 AI 的视频分析中产生的时延大、用户体验较差的问题，实现本地分析、快速处理、实时响应。

## 2.4 功能设计

### 2.4.1 容灾备份

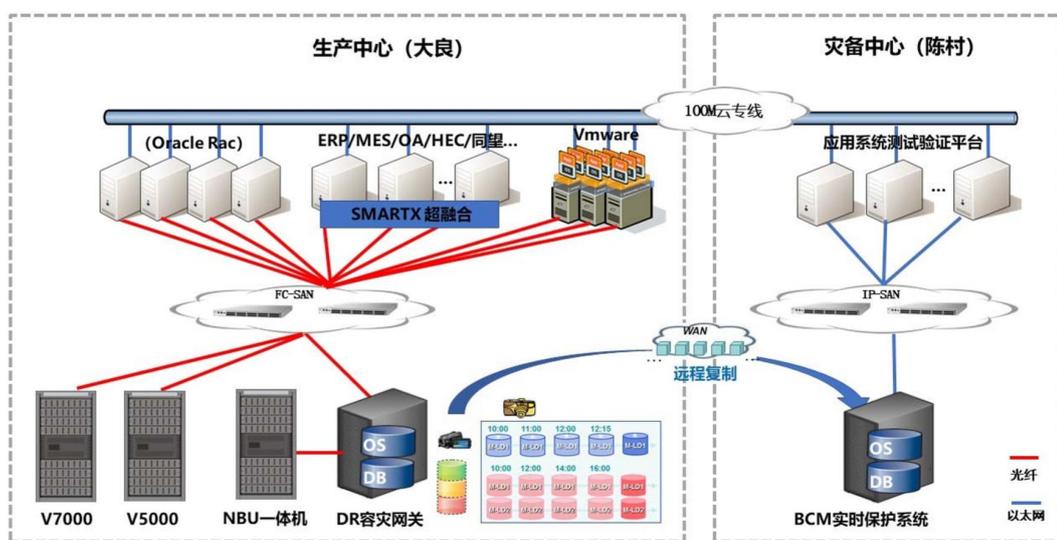


图 16-5 数据容灾系统设计拓扑图

根据目前现有的信息化条件和环境，考虑后期信息系统对生产业务的必要、高效支撑，构建一套新型的容灾备份系统，为核心应用、数据库、服务器及存储等提供一个性能良好、高效稳定、易扩展、易管理的数据保护体系。部署说明如下：

（1）一期建设，万家乐生产中心根据存储数据冗余镜像与业务容灾保护要求，现有 ERP、MES、HEC、CRM、BMS、SCM、OCP、AMS、OA 等核心业务系统，需容灾的数据约为 40TB，第一期先考虑容灾部分核心的数据库约 15TB 的数据，现需增加部署一套 15TB 可用容量的数据 Rorke DR 容灾网关系统，同时利用旧现有 NBU 一体机的 9TB 空间，作为 DR 实时保护系统的容灾空间。这样满足了灾备设备接入要求，业务服务器、核心生产存储及数据 DR 容灾网关接入 FC SAN 存储区域网络，即可以对“万家乐数据中心”的核心存储数据及业务系统实现应用级容灾保护，可实现本地 RPO=0，RTO<10 分钟。

(2) 二期建设，把生产中心的 DR 容灾网关扩容 45TB 容量，达到总容量 60TB 的容灾空间，把大部分重要应用系统也配置实时保护，同时，在万家乐灾备中心机房也增加部署一套相同容量（60TB）的数据 BCM 实时保护系统。

(3) 生产中心的 DR 容灾网关和灾备中心的 BCM 实时保护系统之间数据远程精简复制模式将生产中心机房的生数据及应用系统数据，远程灾备至灾备中心机房，可实现异地 RPO<15 分钟，RTO<30 分钟。

(4) 基于工业互联网技术，通过整合前端设备、专线、灾备资源池，万家乐致力于打造一整套的数据云备服务，实现本地+云端双重数据备份，确保核心数据不丢失。

#### **2.4.2 综合智能办公平台**

构建了全新的 EKP 体系架构，以满足快速变化的需求。EKP 采用 B/A/S 多层体系架构，可综合运用关系型数据库技术处理结构化数据、非结构化数据和文档级的权限控制机制，以满足厂区复杂的管理支撑应用需要，具体体系架构示意如图 16-6：

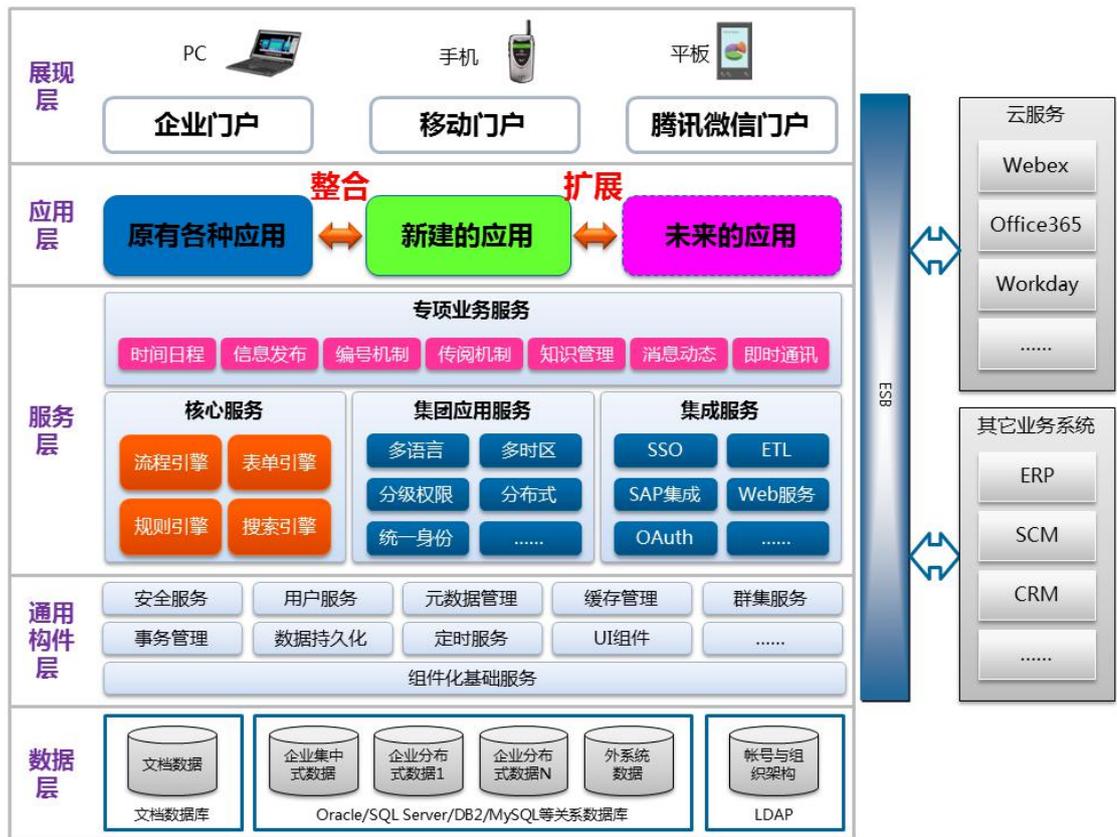


图 16-6 综合智能办公平台

系统由数据层、通用构件层、服务层、应用层、展现层和企业服务总线组成，EKP 平台型产品由四部分构成，集核心运行平台、开发平台、运维平台、集成平台一体，篮型框架承载上百应用模块。

- 核心运行平台：保障系统性能、稳定性、开放性
- 集成平台：保障系统扩展性，跨系统整合能力
- 快速开发平台：提供零代码建模平台，保障系统建设效率，让企业拥有实效二次开发能力
- 健康运维平台：保障系统运维健康，系统运行健康状态提前知，一键检查 EKP 运行环境健康状况

### 2.4.3 桌面云



图 16-7 桌面云产品架构图

整套方案只需要云终端、桌面云一体机（包括虚拟桌面控制器、服务器虚拟化、存储虚拟化等软件平台）两种硬件，即可完成桌面云的快速搭建。

其中，桌面云一体机 VDS 是一款专为云桌面设计的软硬件一体化服务器，集成了服务器虚拟化、存储虚拟化、虚拟桌面控制器等软件平台，用户无需复杂的安装调试过程，将 VDS 开机之后，只需要按照向导式配置界面执行几个操作步骤，即可完成桌面云部署上线，非常方便快速。

#### 硬件平台

云：桌面云一体机（VDS）



图 16-8 桌云一体架构

桌面云一体机是一款专为“云桌面”量身定制的软硬件一

体化服务器（包括虚拟桌面控制器、服务器虚拟化、存储虚拟化等软件平台），通过提供简单、一站式交付方案，极大降低部署难度，从而帮助用户加快桌面云项目进度。

#### 2.4.4 用户服务平台

用户服务系统平台的功能包括：基础资料、工单管理、结算管理、管理、退换货管理、客户管理、报表管理、消费者端、多角色移动办公、接口管理、业务流程与审批、系统环境等功能。

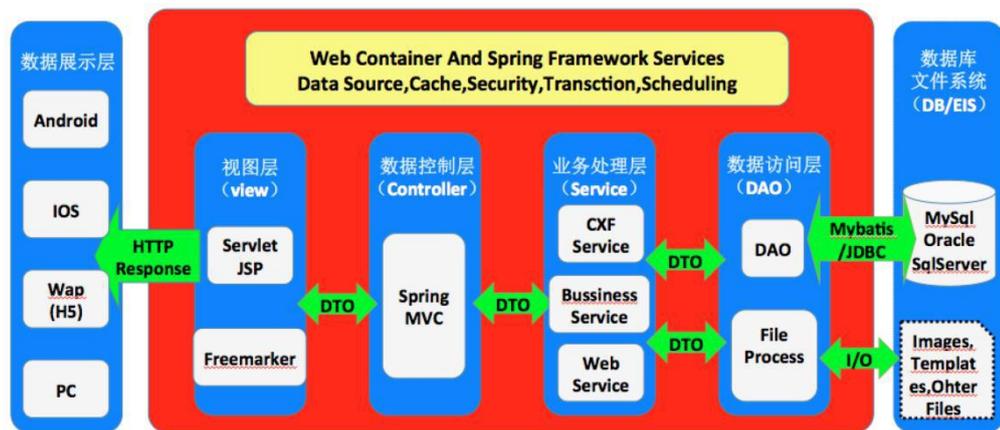


图 16-9 系统主要技术架构图

系统采用了面向对象 (Object Oriented) 技术，系统分析和设计采用可视化建模技术，严格按照面向对象分析 (OOA)、面向对象设计 (OOD) 组织方式，将与用户交互的表现层和实现系统核心业务功能的逻辑层分离，实现面向对象的开发方式 (OOP)，采用这种方式将大大有利于系统开发的需求变更和减少系统在未来更新的技术难度。

#### 2.4.5 OPC 系统

通过对万家乐原有的 IRP 平台梳理过后，从模块化、服务

化的角度整理，将重新开发一套新的全渠道业务平台 OCP (Omni-Channel Platform)，来代替原有的 IRP 平台。对接现有的 ERP 系统、CRM 系统、售后系统以及第三方电商和物流平台，实现从原料-下单-派送-售后全流程的业务销售平台。其中 OCP 中包括有 OMS 系统、经销商系统和货物跟踪系统。

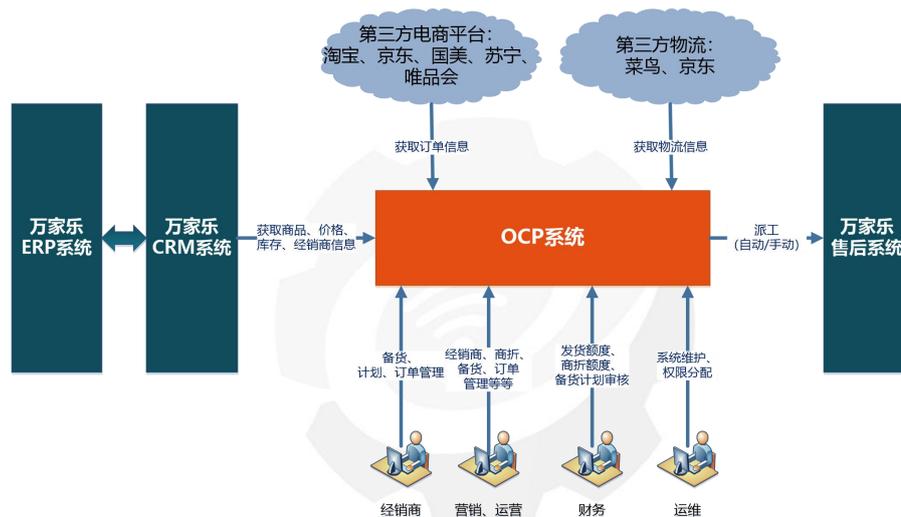


图 16-10 业务平台

## 2.4.6 MES 系统

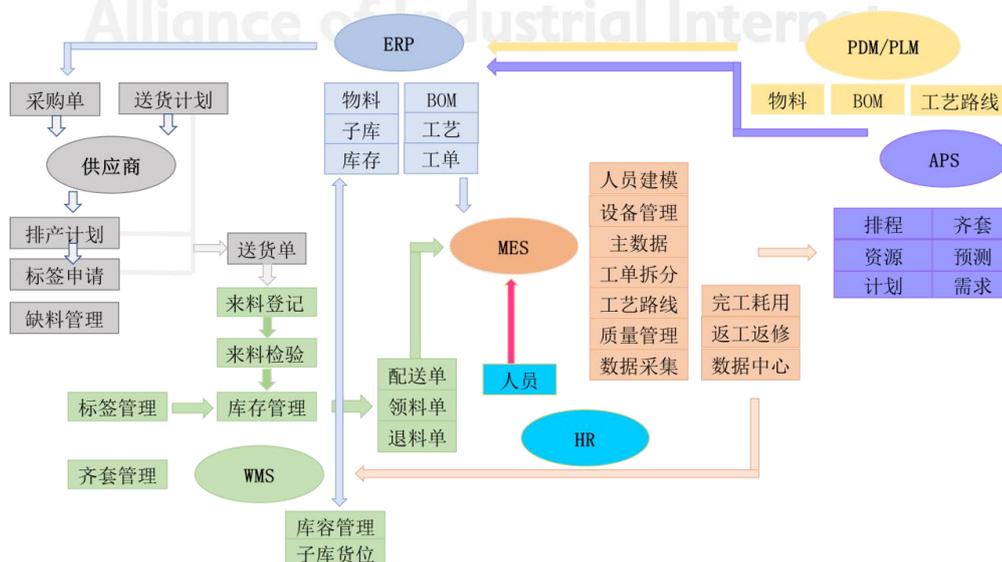


图 16-11 MES 系统架构图

由 PDM 系统产生基础物料和 BOM 写入 ERP，SRM 根据 ERP 的

MRP 需求下达采购订单并生成送货单将标签条码等信息在 WMS 中进行检验入库，WMS 实现 MES 系统中需要耗用的物料调度来支持 MES 在执行过程中的物料精确转移和耗用。MES 在 HR 中获取所需要的人员信息并构件人员技能建模。MES 是建立在 WMS 和 SRM 的支持基础上，主要实现设备的管理，数据采集，完工耗用，工单拆分，产品检验等功能。APS 的精准执行是需要建立在 MES 和 WMS 精准的执行基础上，主要是实现工单排程和资源调度，MES 则是执行工单的生产过程管理并抓取资源数据，为 APS 执行和生产管理决策提供有效的数据支撑

MES 系统功能包括：计划管理功能、生产过程管理功能、质量管理功能、物料仓库管理功能、设备管理功能、看板管理功能、生产相关报表功能、移动应用、成本数据等。

## 2.5 项目的先进性

系统平台以 5G 网络建设、MEC 和超融合为基础，结合容灾备份等安全手段，通过云桌面载体，拉通上游供应商到下游客户的供应价值链体系，同时在工厂内部充分运用 5G 能力实现智能办公协同，实现在全流程目视化、数字化、统计自动化、数据共享化、价值最大化，从而实现公司高效运营与管控。本项目拥有以下先进性：

1) 集成性：提供真正的协同管理平台，消除企业信息和应用孤岛，使企业的各种资源融会贯通，帮助企业建立内外部的平滑业务链条，为各人员、各部门、各机构、客户、供应商伙伴等开设门户，使所有相关人员都可参与企业的商业过程，建立高效的协作体系。

2) 融合性：以人为核心，目标任务为主线，流程为血脉，移动互联为媒介，承载社交管理的平台化引擎为支撑的新一代协同融合平台。

3) 灵活性：数据接口方面支持 API、Web-service、FRC 等等类型丰富的接口，方便接入客户三方管理系统。操作方面支持手机 App 和 Web 等多种终端，操作简单，功能易用。

4) 拓展性：高度的灵活性和可订制性满足企业的不同需求，支持企业结构和业务的动态调整。

5) 快部署：模块化建设，云化部署 saas 类产品。

### 3 实施效果

针对佛山万家乐五沙厂区规划和业务需求，佛山联通投入建成 1 个基站（绿色）+1 套室分系统，实现佛山万家乐五沙厂区良好的 5G 信号全覆盖。



图 16-12 园区鸟瞰

基站覆盖范围：万家乐五沙厂区以及周边

室分覆盖范围：1号楼（办公楼）1-6F及电梯，2号楼（实验楼）1-6F及电梯，3号楼（食堂）1-3F，4号楼（厂房）1-4F，5号楼（厂房）1-4F。

现场测试万家乐5号楼1F，平均RSRP-64.32dBm、平均SINR35.59dB、峰值下载速率1260.20Mbps，平均976.78Mbps、峰值上传速率112.38Mbps，平均99.91Mbps，现场覆盖良好，上下行速率、吞吐量、时延等5G网络指标非常卓越。覆盖、指标统计如下：

指标项	指标(平均值)	指标(峰值)
平均RSRP (dBm)	-64.32	/
平均SINR (dB)	35.59	/
峰值下载 (M/bit)	976.78	1260.20
峰值上传 (M/bit)	99.91	112.38

万家乐工业互联网建设涵盖5G网络化、供应价值链和智能办公协同。系统平台以5G专网建设、MEC和超融合为基础，结合容灾备份等安全手段，通过云桌面为载体，拉通上游供应商到下游客户的供应价值链体系，同时在工厂内部充分运用实现智能办公协同，实现全流程目视化、数字化、统计自动化、数据共享化、价值最大化，从而实现公司“降本、增效、提质、创新”。

预期社会 经济效益	指标类别	项目实施前 实际水平	项目实施后实际水 平	说明
	数量指标	研发周期 240 天	研发周期 180 天	研发周期缩短 25%

	社会效益指标	建设完成前全员劳动生产率 (1000 元/人/天)	建设完成后全员劳动生产率 (1200 元/人/天)	全员劳动生产率提高 20%
	经济效益指标	产能 300 万台	产能 350 万台	产能提升 16%
		产品不良率 3%	产品不良率 1%	产品不良率降低 2PP
可持续影响指标	项目的建设, 将会缩短研发周期、提升产能、降低产品不良品率, 提升全员劳动生产率, 将会提升我国燃气具制造行业的产业升级, 起到示范带头作用, 使智能工厂软件、智能装备产品化, 推向国内、国际智能制造市场。		通过本项目建设申请 3 项专利/软件著作权, 可长期为企业及行业可持续性发展提供有效助力, 辐射上下游	

### (1) 社会效益

通过建设信息化各平台之间的数据业务整合, 打通整个业务链, 使得项目的过程管理变得透明可控, 提升企业运营管理水平, 项目实施以后全员劳动生产率由 1000 元/人/天提升到 1200 元/人/天, 提升 20%。

### (2) 经济效益

基于工业互联网的技术架构, 以集团核心业务流程为主线打造 5G 网络化、供应价值链和智能办公协同的信息系统, 拉通全价值链端到端的数据, 实现在全流程目视化、数字化、统计自动化、数据共享化、价值最大化, 从而实现公司高效运营与管控, 全年产能由 300 万上升到 350 万台, 提升率 16%。

通过打造供应价值链, 加强企业数据流、信息流流通, 加

快订单交付周期，通过供应链上下游协同优化，提高供应相关的效率，增强供应商关系的价值，产品不良率从 3% 下降到 1%，产品不良率降低 2pp。

### （3）管理效益

通过建立规范的业务运作流程、严格的车间生产管理机制及规范、高效的信息流，提高了生产的效率以及准确性。打破企业信息孤岛，保证了生产流程最优化、资源利用最大化，单品损耗最小化。

借助强有力的分析、决策工具，建立广东万家乐的云平台智能系统，为企业高层管理者、基层执行者进行生产决策提供数据辅助与支持，确保企业营收最大化。

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

---

# 广西百色工业园区智慧综合服务平台

广西百色市工业区管理服务中心

中国联通广西分公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

百色市工业区管理委员会成立于 2005 年 4 月，属于百色市人民政府派出机构。自治区人民政府 2016 年 8 月 30 日批复同意在百色工业园区基础上更名设立“广西百色高新技术产业开发区”，管辖范围含新材料产业园（原广西百色工业园区）、生物与新医药产业园（原广西百色国家农业科技园区）。2018 年 2 月国家发改委等六部委联合公告的《中国开发区审核公告目录》中核定面积为 25.66 平方公里，其中新材料产业园面积为 22.73 平方公里。2010 年以来，百色工业园区先后被授予“国家新型工业化产业示范基地”、“广西劳动关系和谐工业园区”、“中国中小企业创新服务先进园区”等荣誉称号；2017 年获批为“第三批国家级专家服务基地”、中国高校科技成果转移转化中心。

园区地处百色市城东，324 国道、南昆高速公路、百隆高速公路穿园而过；距离百色机场 35 公里；距离百色火车站 4 公里；园区内的百色综合港年吞吐能力达 300 万吨，可通行 1000 吨级船舶直达广州、香港。

百色高新区正在形成“铝基新材料、农林产品精深加工、

先进装备制造和现代服务业”为四大支柱的特色产业格局。园区现有入园企业 158 家。其中规模以上企业 20 家，亿元以上企业 11 家，园区已有高新技术企业 6 家，高新技术产业占比超过 50%。园区 2020 年完成工业总产值 103.1 亿元，实现税收约 3.1 亿元，从业人员 12000 余人。

工业园区基础设施配套完善，产城融合程度较高，科技创新体系出具规模：出台了一系列鼓励创新创业、吸引人才和科技项目的优惠政策；成立了市场化的科技企业孵化器运营主体百色工业园区科创服务有限公司，拥有孵化场地约 15 万平方米，同时拥有“苗圃—孵化器—加速器”三种孵化形态；拥有国家铝金属产品质量监督检验中心、国家级科技企业孵化器、广西铝加工工程技术研究中心、创新平台、特种分体与复合材料工程研究中心等多个国家和自治区级创新创业服务平台。

## 1.2 园区网络现状

目前园区已建成 5G 基站 7 个；已建成通信数据机房 2 个，计划 2025 年建设 50 个 5G 站址，每年规划新增 10 个站址，主要覆盖区域为六塘核心区，同时根据具体企业需求匹配支撑，全面推进园区企业智能化建设战略整体规划。

## 1.3 园区网络痛点分析

目前工业园区生产企业主要采用工业以太网。传统的工业企业在生产制造、组网和企业信息化等方面存在诸多问题，各工业应用系统之间数据无法互通，形成“信息孤岛”，主要表现在一是企业多采用工业以太网和现场总线进行组网，传统 IP 网络传输采用尽力而为的机制，存在丢包、时延、抖动等问题，

无法满足对时延敏感性应用的需求。二是工业现场总线传输速率较低、协议繁多，各厂家之间不能互通，影响企业对终端数据的统一采集、管理和建模。三是部分工厂采用 Wi-Fi、ZigBee 等无线接入技术，但存在速率、稳定性、时延、连续性、安全隐患等问题。四是随着工业企业信息化、智能化的发展，柔性生产、工业机器人、AGV、远程操控等应用的越来越广泛，对移动终端的接入需求也越来越多。

#### **1.4 园区网络化改造分析**

在工业网络架构中将 5G NR 相结合，将 5G 的潜力扩展到许多潜在无线应用（例如移动和机器人/AGV 安装），并扩展到传统工业以太网有线应用的核心。

推动工业企业建设 5G 专网，利用 5G 组网、切片和边缘计算等技术，采用专有无线设备和核心网一体化设备，构建一张增强带宽、低时延、物理封闭的基础连接网络，实现用户数据与公网数据完全隔离，且不受公网变化影响，解决传统 WIFI 抗干扰差、时延、丢包、非加密以及覆盖范围小等问题，实现生产区域的无线覆盖，利用 5G 网络大带宽、低时延、高可靠性和海量连接的特性，实现生产的数字化、网络化、智能化融合，助推制造业实现柔性制造。

## **2 项目实施**

### **2.1 总体方案介绍**

园区是产业集群发展的有效途经，是推动经济发展的重要支撑点，而园区信息化的建设情况很大程度上影响着园区经济的发展。提高园区信息化建设水平，以信息化带动产业化，成

为当前园区经济发展所面临的重要课题。

园区信息建设自成体系，园区管委会部门之间，以及各企业信息系统建设水平和应用层次不齐、相对孤立。同时业务系统封闭运行，软硬件各个系统、数据库也相对独立，不能实现信息资源共享。这导致政府部门、企业与园区、企业与企业之间沟通障碍与资源独立。

### （1）园区公共服务平台

通过建设的园区综合管理平台，实现园区内服务资源和社会资源进行整合，构建一个利用云计算、物联网等现代化信息技术为基础，实现整个园区的循环经济产业服务平台。主要内容包括政务服务、投融资服务、企业运行服务、人力资源服务、物流服务等方面，在园区范围内增强公共信息服务能力，为入园企业提供细致、贴身、深入的服务，提升园区公共信息服务整体水平。

### （2）园区工业互联网平台

百色工业园区总体还处于工业互联网园区转型升级的初级阶段，在园区综合管理平台的基础上，参照工业互联网政策和指南、相关技术标准，结合园区自身定位，产业情况、园区企业信息化情况进行统一规划布局。

面向百色工业园区四大产业集群（以铝、锰、铜等产业为基础的机械制造、以农林产品为主的深加工、以光电为主的新材料和以现代物流、商贸为主的现代服务业），计划建设一个功能强、易管理、安全性高、开放性高的三跨型工业互联网平台，实现资源及行业知识等的共享，帮助园区企业实现节能降耗，

实现企业设备资产的全生命周期管理，提高协同研发效率和融合创新水平，提升百色重点产业集群行业竞争力，发挥产业集聚发展的优势，实现产业和行业的提质增效和转型升级。



图 17-1 工业互联网平台架构

## 2.2 系统架构

采取“统一平台，门户访问，资源共享，应用集成”的策略进行建设。通过对各个业务系统有效集成衔接，信息汇集、分析、传递和处理，从而实现系统最优化的控制和决策达到高效、经济、节能、协调运行的状态。

平台面向系统后台管理、园区管委会管理、企业侧管理不同需求方进行功能开发与设计，以内容管理系统为技术支撑，实现各网站数据统一维护、信息共享、单点登录以及应用集成。

## 2.3 网络设计

目前园区已建成 5G 基站 7 个；已建成通信数据机房 2 个，分别位于广西百色六塘工业园区办公楼一楼的中心机房和广西

百色银海铝业有限责任公司的中心机房。

计划 2025 年建设 50 个 5G 站址，每年规划新增 10 个站址，主要覆盖区域为六塘核心区，同时根据具体企业需求匹配支撑，全面推进园区企业智能化建设战略整体规划。



图 17-2 覆盖区域卫星图

在工业网络架构中将 5G NR 相结合，将 5G 的潜力扩展到许多潜在无线应用（例如移动和机器人/ AGV 安装），并扩展到传统工业以太网有线应用的核心。

百色工业园区为传统的综合型工业园区，拥有不同类型和规模的工业企业。采用混合 5G 专网和虚拟 5G 专网两种方式对网络进行改造升级。

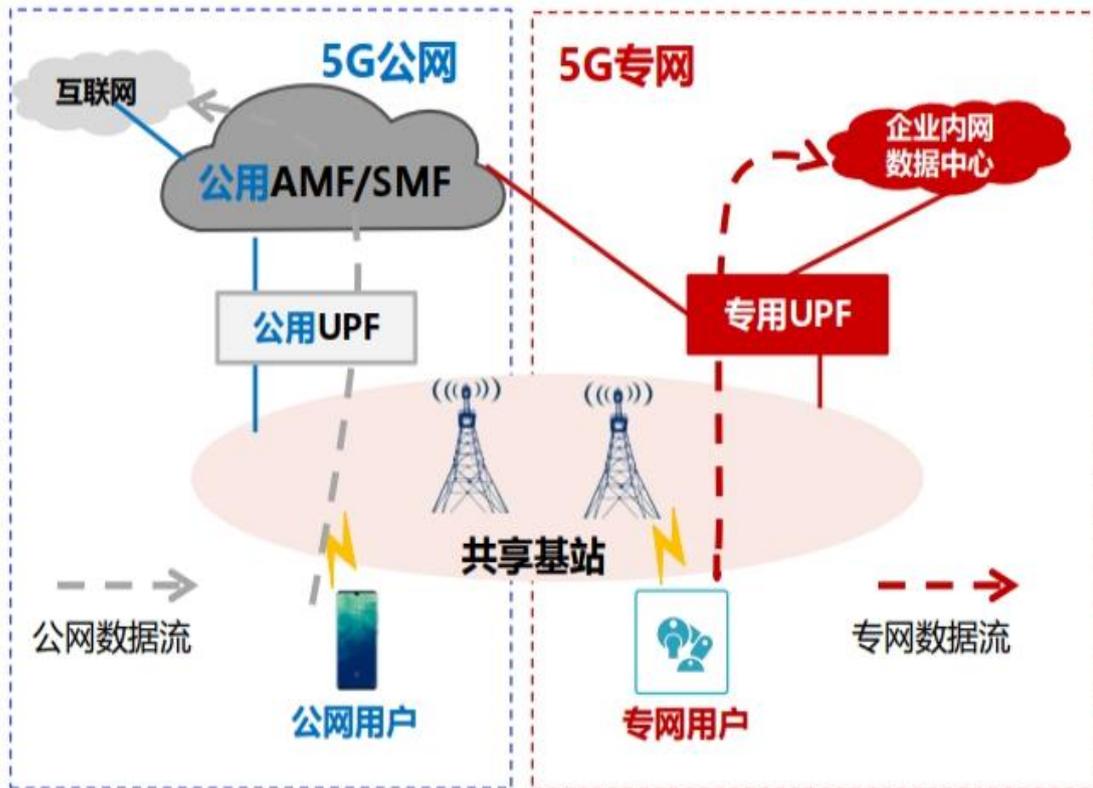


图 17-3 混合 5G 专网架构

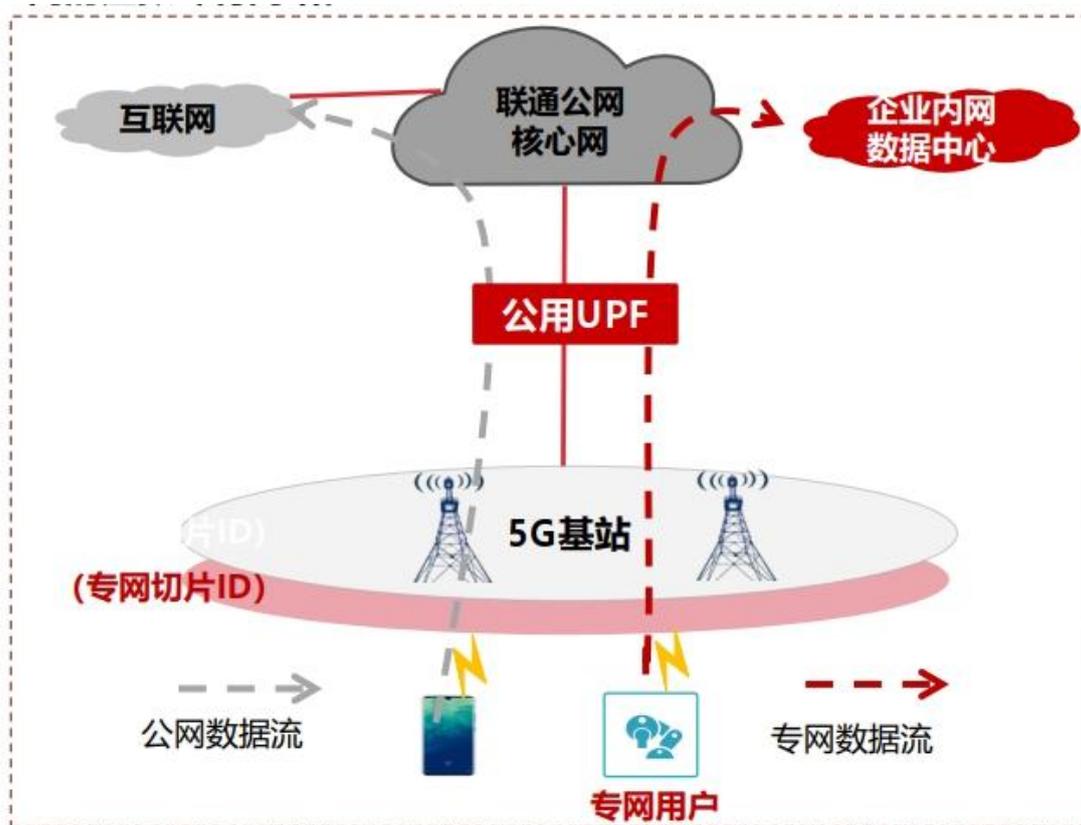


图 17-4 5G 虚拟专网架构

## 2.4 功能设计

### (1) 政务服务平台

内容包括园区动态、政策宣传、招商引资等。通过信息化提升和加强园区对外宣传，对内利于企业了解园区动态和政策，对外利于招商引资；今后可接入全市智慧政务系统实现企业证照办理“一站式服务”。

采用 Web Server 技术，可安全、高效的集成不同平台的子系统，形成各子系统独立运行环境，统一用户界面。易于扩展、移植，进行跨平台集成。展示介绍园区及区内企业；策划和实施网络品牌推广营销以及招商引资。

### (2) 投融资服务平台

平台内容有企业融资管理、金融产品推介、园区资产管理等。资金是企业的血脉，融资是企业端重要、长期需求；融资工作专业性强，涉及信息面广，信息化程度高，园区需信息化手段开展实时跟踪和服务；投融资可链接多项外部资源。

### (3) 企业运行监测平台

园区企业运行上报系统，实现对企业的生产经营情况信息化管理，实时了解、及时预警。企业运行状态上报，主要包括运行数据填报和运行数据监控等功能。项目将优先链接企业节能环保数据。能耗指标是反应企业经营状况的重要真实指标，可直接影响企业成本，同时推广智能改造。

### (4) 人力资源服务平台

平台内容有企业就业服务、人才引进、职业培训和提升、食宿行、社保管理等。园区内人员呈现增长趋势，且人员流动

性强，人力资源涉及社保、食宿、出行等，涉及面广，需信息化手段进行管理以便园区科学决策；人力资源也是反应企业运营状况的重要指标之一，在企业层面存在巨大需求和可开发空间；同时涉及人力管理的行政部门如人社系统、公安系统、医疗系统信息化建设已有一定基础，可实现数据实时共享。采集人力资源食宿行、社保管理等相关信息数据，园区统计分析，以便提供更为优质化服务管理。

#### （5）物流服务平台

主要内容有各类物流信息收集、物流供需信息发布（含大宗货物、散装货物、生鲜货物等）、仓储信息发布等。物流直接影响企业成本，企业均希望帮助降低物流成本；物流业亦属于信息化程度较高产业；物流业属于生产性服务业重要组成部分，为更好建设高新区现代服务业基地，夯实基础。

### 3 实施效果

园区第一期建成智慧园区综合服务平台，目前上线试运行中，该平台由园区管委会结合园区自身定位，统一规划布局；联通提供智慧园区公共服务平台整体解决方案和平台开发，满足百色工业园智慧园区资源信息库建立、政务服务、投融资服务、人力资源服务、物流服务、企业监管运行的要求，覆盖园区 158 家企业，同时确保以后能够顺利平滑升级。

下阶段将收集企业需求，进行企业现场调研、方案制定、平台开发，发挥好前期建成的智慧园区综合服务平台服务于政府、园区管委会和企业的效能优势，积极探索园区工业互联网

平台的开发与建设。



图 17-5 百色工业园区综合服务门户

### 3.1 经济效益分析

项目建设能提升园区企业以及整个园区的整体管理水平，强化团队精神和合作观念，达到减人与提高业务效率，降低管理成本的目的。

促进园区企业提高对企业推进信息化建设重要性的认识。使园区企业自觉推进信息化建设，利用计算机系统实现企业内部管理的系统化，实现各单项工作的联网，对外发布有关企业信息。

提高园区资源利用效率、提高服务以及管理效率、让沟通更为透明化、通过合理定制能源使用策略，实现整体节能。通过实施本项目，将帮助园区企业达到供需平衡，缩短采购提前期、提高原材料、零部件的配套率，减低库存，减少资金占有量，缩短生产周期，提高市场响应速度，降低生产成本，提高市场占有率，从而提高经济效益。

### 3.2 社会效益分析

百色工业园区作为早期资源型园区，依托 5G、云计算、物联网、大数据等核心技术，深入定义园区业务架构，向下汇聚各类智能前端子系统，向上支撑园区所需应用开发，通过智慧手段打造，实现产业结构升级和服务内容升级，并赋予多产业聚集和社会服务职能，以实现园区基础设施智能化、公共服务便捷化、运营管理高效化，扩大产业空间，加速产业集聚，推动城市化管理与产城融合一体化建设。从根本上实现智慧园区“融合、服务、创新、协同”的目标。

通过实施本项目，帮助园区企业实现包括经济联盟体，企业与企业之间，企业与园区之间的信息的集成和共享，提供快速、准确信息支持，大大提升其决策效率与准确性；帮助入园企业更好的发展，促进产业协作、助力市场推广、降低运营成本，提升核心竞争力；帮助园区从业者的和谐共处和共同成长，方便社区生活、促进学习交流、扩大人际交往，提升人才凝聚力。

广西百色工业园区智慧综合服务平台进一步提高了园区管委会的管理效率、提升服务能级、服务集团管控，实现精细化、集约化、智慧化管理。依托 5G+工业互联网应用，助力百色工业园区建设成数字化升级资源型产业、智能化服务的示范园区。

---

# 广东石化炼化一体化项目全厂信息中心（全厂智能化） 4G5G 工厂无线网建设项目

中国石油天然气股份有限公司广东石化分公司

中国联合网络通信有限公司揭阳市分公司

---

## 1 项目背景

中国石油天然气股份有限公司广东石化分公司一体化项目，选址在广东揭阳惠来大南海石化工业区，厂区占地面积 9.6 平方公里，厂区位于广东省东南部，隆江出海口，项目年炼油 2000 万吨/年、260 万吨/年芳烃、120 万吨/年乙炔。本项目采用是我国炼油行业顺应世界原油劣质化的趋势要求，为有效增加高硫劣质原油的加工能力，降低原油成本的压力，提高盈利能力。项目采用先进清洁的工艺技术是国内一次性设计加工能最大的炼油装置，焦化装置、石脑油加氢装置，连续重整装置，酸性水气提，硫磺回收等 41 套工艺生产装置，以及 30 万吨原油码头，项目总体设计批复投资为 654 亿元人民币。加工“两种资源”，面向“两个市场”建立上中下游一体化国际合作模式，建设综合性国际能源公司的重要举措，是中国石油加速炼化产业转型升级、推进高质量发展战备工程。中委广东石化炼化一体化项目的目标是建设国内加工高硫、含酸、重质原油的具有国际竞争力的绿色、智能、效益型世界级炼化基地。项目投产后将对中国石油实现炼化产业转型升级，助力广东实现“一核

一带一区”发展战略、推动广东省现代化沿海经济带建设，提高区域发展平衡性和协调性等方面都具有重大意义。

中石油大南海炼化园区为新建园区，厂区面积达 9.6 平方公里，原先并无有效网络覆盖，随着园区建设的推进以及后续工厂生产的需要，急需进行 4G/5G 网络覆盖，满足园区人员通讯以及工业设备运行生产的所需的网络基础。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

通过使用运营商的频段资源和设备，使用切片或者虚拟技术建设一套公网专网融合、4G 和 5G 兼容的工厂无线网络，并附加窄带网络（NB-IoT）。其中，企业要求的厂前区、生产区、产品码头、原油码头及码头库区、火炬等所有区域室内外需全部进行 4G 与窄带网络覆盖。重点区域包括厂前区、办公楼、控制中心等区域加设 5G 网络覆盖。并提供虚拟专网服务，对厂区内的专网终端用户的身份进行安全认证，最终将终端数据接入企业侧网络。厂区内提供全天 24 小时稳定可靠的无线覆盖及无线数据接入服务。

应广东石化对工厂无线网的技术要求，所有接入厂区的终端设备通过 MAC 地址进行首次认证，认证通过后，厂区的终端用户通过拨号的方式，运营商专线设备与企业内网出口路由器（SR6604）之间建立的 L2TP 隧道，经 AAA 服务器系统鉴权后，完成内网用户的内网的准入，此时客户可以访问企业内部资源。

同时，为保障企业内部资源及认证服务器的安全，本次项目通过在企业网出口部署防火墙，针对可访问的网络资源及端

口进行策略部署，如：认证系统需要开放的端口，企业内部业务系统开放的端口，通过部署安全策略，对企业内部网络资源进行防护。

## 2.2 系统架构

MEC 下沉专网就是为广东石化炼化中心定制的内部网络，可以保障网络的绝对自主，网络的安全隔离，网络的高度控制等优势。

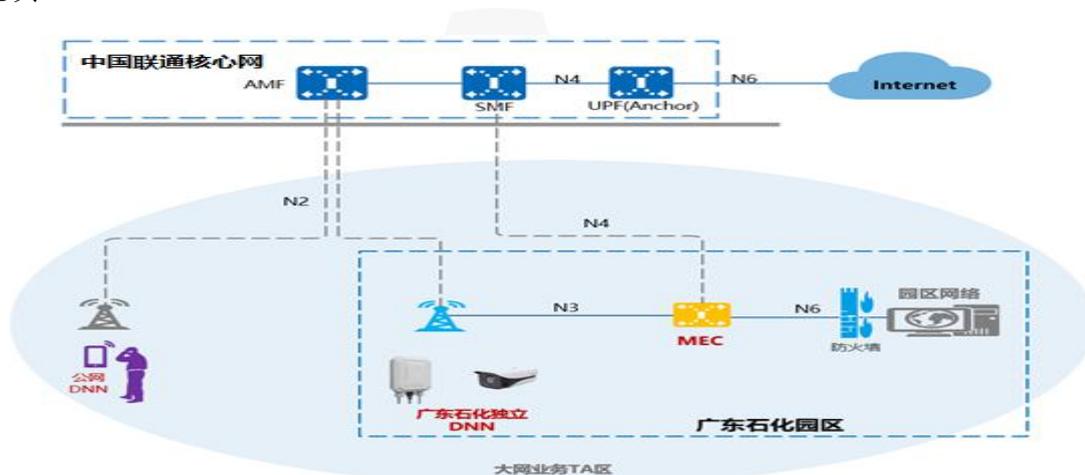


图 18-1 技术架构设计图

### (1) 基本配置：

不为园区区域规划独立 TA 区，规划独立广东石化 DNN，园区用户附着激活后由 SMF 根据独立 DNN 选择本地 MEC 作为主锚点，对边缘业务进行本地流量卸载。

### (2) 业务流程：

- a. 用户进行 5G 激活附着；
- b. AMF 配置根据 TAI+DNN 选择 SMF；
- c. SMF 通过 DNN 选择 UPF

大网用户使用公网 DNN，选择大网 UPF PSA 进行数据转发。

园区用户使用 MEC DNN，选择 MEC UPF PSA 根据数据报文

的用户面路由转至本地网络。

非园区用户移动到企业园区内，因 SMF 未配置公网 DNN 用户与园区专属 MEC 的映射，所以使用公网 DNN 的非园区用户仍选择大网 UPF 作为主锚点接入公网，不具备访问本地网络条件。

广东石化 4G/5G 融合业务流程：

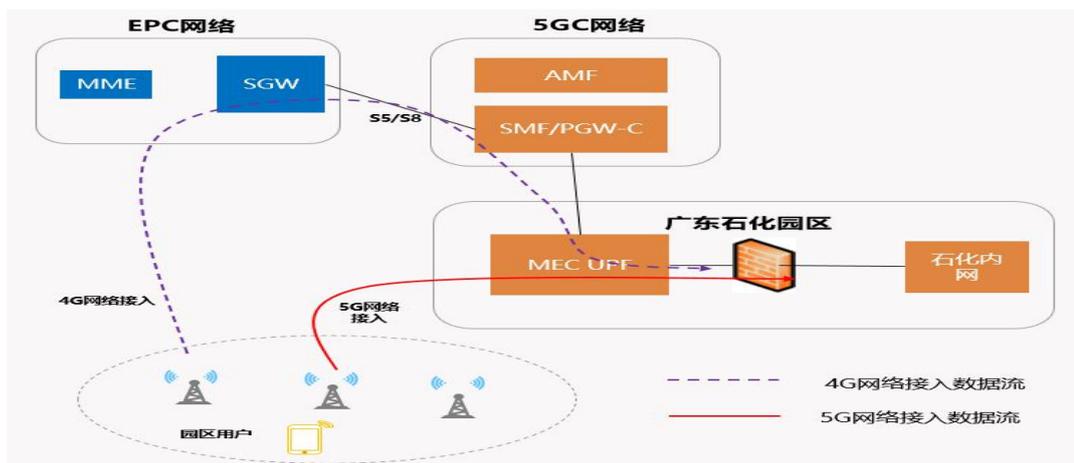


图 18-2 广东石化 4G/5G 融合业务流程

场景一：用户从 5G 接入

- 1) 用户初始从 5G SA 网络接入，用户锚点为园区 UPF；
- 2) 用户不回落 4G，从 MEC UPF 分流至石化内网，实现数据不出园区；
- 3) 用户回落 4G 网络后，用户锚点不发生变化，从 MEC UPF 分流至石化内网，实现数据不出园区

场景二：用户初始从 4G 接入

- 1) 用户初始从 4G 网络接入，接入 EPC 网络 MME，用户鉴权及 DNS 进行路由数据配置（识别为 5G 用户优选融合网关 PGW-C/SMF），PGW-C /SMF 选择用户锚点 MEC UPF ；

实现从园区 MEC UPF 分流至园区内网，数据不出园区；

## 2.3 网络拓扑设计

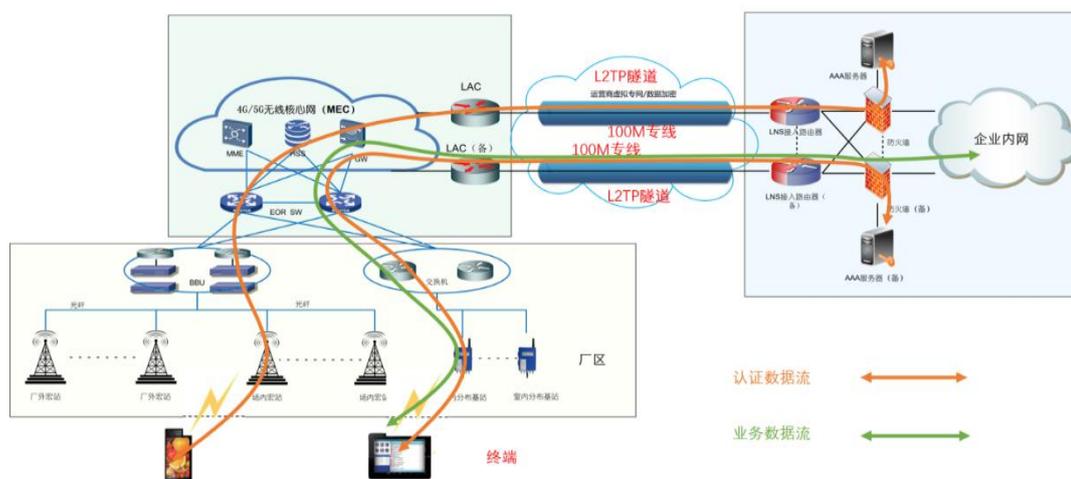


图 18-3 整体方案拓扑图

厂区部署分布式基站，采用射频拉远单元（RRU）+天线或AAU，拉远部署在高空，实现对园区的无缝覆盖，厂区内部分建筑物使用室内分布基站。中心机房布置基站基带单元（BBU）通过CPRI接口（或eCPRI接口）同基站设备（或室分设备）相连。手持智能终端、车载移动台等在厂区内移动作业，通过无线网络接入到内部网络中（信息网）。

运营商侧提供虚拟专网服务，对厂区内的终端用户的身份进行初步认证、与企业侧LNS接入路由器建立虚拟专网，并将数据接入企业侧网络。

企业侧部署LNS接入路由器、防火墙、AAA认证服务器，对现场设备的数据进行接入与二次认证，防火墙配置安全策略，控制无线网络接入数据对AAA服务器与企业内网的权限访问。

内网用户需经过运营商虚拟专网与企业内网双重认证才能完成入网认证服务，系统统一为厂区内企业内网用户分配特定号码段及内网IP地址，作为厂区内部用户使用。

## 2.4 功能设计

### 2.4.1 接入认证

在企业内部署一套 EIA (AAA) 终端准入认证系统, EIA 专注于网络接入控制、终端智能识别和用户行为审计功能, 可以为企业提供全面、完善的端到端网络接入解决方案。同时, EIA 采用双机热备或双机冷备方式部署, 以提高系统的可靠性。认证终端设备通过室外 5G 基站或者室内室分基站进行拨号, 经过运营商机房与企业出口路由建立的 L2TP 隧道完成于 AAA 服务器的认证鉴权, 最后实现终端的准入, 认证通过后, 此时, 客户端才访问到内部资源。

准入方面对于远程接入的场景, EIA 支持通过 SSLVPN 和 L2TPoverIPSecVPN 的方式接入网络, 终端设备上需要安装 iNode 客户端, 用户在家里或者其他非工作区域, 先将终端连接到 Internet, 打开 iNode 客户端并输入认证凭据 (用户名密码或者证书), 认证通过后可以建立加密的 VPN 隧道, 保证只有合法身份的用户才能远程接入到企业网中。

EIA 不仅可以支持常见的准入认证功能, 也支持 ACL 下发、认证元素绑定、多场景授权、微信短信二维码认证等创新功能。另外, EIA 支持与 H3CUBAS 行为审计系统、NTA 流量分析系统联动, 结合 EIA 强大的用户身份、权限的管理, 高效地管理网络用户的同时, 可以帮助管理员分析网络中的异常流量, 追查恶意的上网行为, 为管理员提供行之有效的网络管理和用户管理策略。本次认证服务器的部署方式为 AAA 认证系统为软件形式, 预部署在服务器上的一体机。

## 2.4.2 应用场景

### (1) 人员设备精准定位

人员管理：以防爆手环、标识卡等可穿戴设备为载体，利用 5G 精准定位技术和物联网采集技术，对员工作业、有毒气体含量、员工健康状态进行实时定位和实时监测，确保作业人员的安全。

作业管理：以视频监控为载体，运用 5G+工业视觉分析技术，并在边缘云端进行视觉分析，对作业区域进行作业规范、作业流程和作业风险的大数据分析，实时监测、实时告警，确保作业流程的规范化和可控化。

车辆管理：结合 5G 的低延时、密集组网，对进入厂区/园区/装置区域的车辆和驾驶员实现实时定位、轨迹追踪、围栏报警、异常告警；

传感检测：针对制造业企业工业数控、数据采集采用光缆传输的现状，可以采用无线方式进行相应的替代，避免因光缆破损造成影响生产的状况。实现无线传感数据上传。

### (2) 人管线、管廊、场站轨道巡检

基于 5G 网络通信的化工管廊轨道巡检机器人服务于化工管廊泄漏监测、化工电缆安全巡检、化工装置区域安全巡检等多种场景，主要完成危险场所环境检测中遇到的急、难、险、重和重复性工作，提高巡检效率，减轻劳动强度、降低劳动风险，实现工业信息化和智能化。

轨道巡检机器人机身防爆，可适应不同场景的防爆需求；搭载气体探测传感器，可对管廊运行环境中有毒、可燃气体泄

露进行实时监测、分析和报警；搭载常规及红外网络摄像机实现对整个巡检环境内设备、线缆、管道等进行图像采集，实现视频即时上传和实时监控。当泄露发生时，系统自动报警并通过 GIS 系统判断泄漏点位路，即时联动巡检机器人移动到泄漏点最近位置，实时传回现场传感器数据及视频数据。

### (3) 广域无线数采



图 18-4 广域数据采集模式

基于 4G/5G 网络，实现点多面广的无线数采，扩大覆盖范围；基于 4G/5G 模组芯片，发展基于 4G/5G 无线模组的传感设备，可支持现场无线数采，降低现场实施布线的难度，提升工作效率。

## 2.5 安全及可靠性

4G 网络的认证、加密算法的安全性已经在规模化的现网应用中得到了检验，5G 不仅继承了被验证有效的 4G 安全特性，还对部分安全特性进行了增强，此外，还针对更多业务场景的需求扩展了安全能力。

### 2.5.1 数据安全保护

在机密性保护的密码算法方面，5G 沿用了 4G 所采用的

AES (Advanced Encryption Standard)、SNOW 3G、ZUC 等算法，这些算法已被业界证明非常安全。密钥长度为 128 位。为了应对将来可能出现的量子计算对对称密钥体系的影响，5G 系统对 256 位密钥的支持也在研究之中。

5G 安全对用户数据的完整性保护要求更严格。在 5G 之前，通信系统对网络信令进行完整性保护、避免被恶意篡改；5G 进一步增强了完整性保护的要求，

除信令外，对用户面数据也可进行完整性保护，可根据应用需要开启，确保用户数据在空中接口传输时不会被恶意篡改。

### 2.5.2 认证机制支持

4G 网络的 AKA (Authentication and Key Agreement) 认证机制具备很高的安全性。5G 网络认证一方面继承了 AKA 框架，并在机制和能力上进行了增强，称为 5G-AKA；另一方面，引入了 EAP (Extensible Authentication Protocol) 认证框架，将 EAP-AKA 作为 5G 网络的基本认证方法予以支持。

首先，5G-AKA 增强了归属网络对认证的控制。不仅提供对用户的认证，还提供对拜访网络的认证，防止拜访网络虚报用户漫游状态、产生恶意扣费等情况。

其次，5G 认证机制提供了对 EAP 认证框架的支持。5G 为垂直行业的信息化应用提供服务，而这些应用通常已经存在一些认证方式和认证基础设施。因此，5G 在支持这些应用场景时，既需要兼容垂直行业应用已有的认证机制，又需要具备良好的扩展性。5G EAP 认证框架既可运行在数据链路层上（即 3GPP 所谓的 non-IP），也可以运行于 TCP 或 UDP 协议之上；可支持

多种认证协议，如 EAP-PSK、EAP-TLS、EAP-AKA、EAP-AKA 等；可支持垂直行业的多种已有应用，并可扩展适配垂直行业应用所需的新认证能力。

### 2.5.3 用户隐私保护

在 2G 至 4G 网络中，网络和终端通常使用临时分配的用户标识（TMSI, Temporary Mobile Subscriber Identity）交互，以避免用户的永久标识（IMSI, International Mobile Subscriber Identity）被攻击者窃取。但在终端初始接入网络、临时标识和永久标识不同步时，网络会请求终端发送永久标识到网络进行认证，永久标识会短暂地出现在无线信道上。攻击者可使用 IMSI catcher 等工具获取用户标识，并进一步构造攻击或追踪用户。

5G 网络利用用户卡上存储的归属运营商的公钥对用户的永久标识加密，不再在空口上明文传输用户的永久标识，从而有效保护用户的隐私。为抵御中间人攻击，归属运营商的公钥在发卡阶段直接预置在用户卡内，而不是通过网络下发进行更新。

4G/5G 工厂无线网系统依据 GB/T 22240-2008《信息安全技术信息系统安全等级保护等级指南》以及 GB/T 22239-2019《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》按照等保 2.0 要求进行方案设计。系统安全应建立在统一的安全策略下，要求能够使系统免受来自外部有组织的团体、拥有较为丰富资源的威胁源发起的恶意攻击；在较为严重的自然灾害和人为影响下，能够较快恢复绝大部分功能和历史数据；能够对影响系统安全的操作进行记录和审计，并按照响应的安全制度进行整改和完

善。安全保密需求主要包括安全物理环境、安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境、物联网安全等 8 个方面。总体安全保密方案设计如图 18-5:



图 18-5 总体安全保密设计图

### 3 实施效果

通过广东石化大南海园区 4G/5G 公专融合网络建设，将从根本上解决园区人员通讯和设备生产的网络需求。网络建成后，信号覆盖区域内规划覆盖指标标准达到  $RSRP \geq -105\text{dBm}$  且信噪比 (SINR)  $\geq 3$ 。在 3 台终端并发使用工况下，每个无线网络终端到内网服务器的速率如下：4G 网络上行速率不低于 10Mbps，下行速率不低于 20Mbps；5G 网络上行速率不低于 20Mbps，下行速率不低于 100Mbps；在 10 台终端并发使用工况下，每个无线网络终端到内网服务器的速率如下：4G 网络上行速率不低于 3Mbps，下行速率不低于 6Mbps；5G 网络上行速率不低于 6Mbps，下行速率不低于 30Mbps；窄带 NB-IoT 下行速率：大于

160kbps，上行速率：大于 160kbps。单个基站宽带并发数据接入用户数不低于 400 个，单个基站窄带接入用户数不低于 10000 个；系统总用户数不低于 5 万人。使用两条数据线路冗余备份的方式提供 100M 数据专线接入广东石化中心机房，经 LNS 接入路由器与企业局域网对接，接口速率不低于 1Gbps，专线接入使用 VPN 隧道技术及 IPsec 加密，专线速率可根据业务需求调整，并发 VPN 数量 5000 个。

高质量 4G/5G 公专融合网络的建设，同时基于 5G 虚拟专网及边缘计算等 5G 技术的智能化生产作业，实现园区在人员设备精准定位管理、全景高清视频监控、化工管廊轨道巡检、广域无线数采、生产综合指挥调度、安全环保监控、消防应急管理

等安全生产领域管理效率的大幅提升，为工业互联网应用提供网络基础支撑，助力园区信息化和智能化生产，大幅提高安全生产效率。

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

---

# 佛山照明工业互联网智慧园区项目

佛山照明股份有限公司

中国联合网络通信有限公司佛山市分公司

---

## 1 项目背景

### 1.1 园区简介

佛山照明成立于 1958 年，一直专注于研发、生产、推广高品质的绿色节能照明产品，为客户提供全方位的照明解决方案和专业服务，是国内综合竞争实力较强的照明品牌之一。公司拥有佛山禅城总部及南海、高明、河南新乡、江苏南京五大生产基地，具有规模化的生产实力。

### 1.2 园区简介

佛山照明各生产基地园区独立，不能协同产能，没有完善网络安全与灾备机制。需要重新按照新的网络标准来规划建设园区传输骨干环网、工段生产接入网和工段办公接入网，同时，随着工业互联网应用的逐步落地，亟需 5G+应用的需求。

### 1.3 园区网络痛点分析

佛山照明下有多家生产工厂，区域分布在不同区域，其中有佛山南海工厂、高明工厂、河南新乡工厂、江苏南京工厂等，多工厂多园区协调工作柔性化生产不能协调安排。必须依托完善的网络架构和自动化生产设备等硬件设施。

### 1.4 园区网络化改造需求分析

佛山照明要在照明行业中保持竞争优势，必须通过应用工

业互联网技术集成、协同的信息化系统，最大化降低照明产品的设计和生产成本，增加供应链的增值部分，通过协同的信息化系统扩大其经营范围、减少运营成本。

通过本项目建设，最终帮助佛山照明对各生产基地工业内外网进行重构和改造，新建 5G+MEC 工业无线网络，为未来智能化发展构建稳定、高效、安全、智能的网络基础，满足佛山照明未来 10-15 年数字化、智能化发展对网络要求。不断推动企业信息化建设，结合自有生产线搭建 SRM、MES、APS、WMS、BI 系统，通过 Internet 技术整合内部管理，推动企业生产制造的智能化、数字化、柔性化水平，才能优化内部生产结构和供应链，满足客户的需求，拓展市场。

## 2 项目实施

### 2.1 总体方案介绍

佛山照明在信息化基础保障方面，已建立健全、稳定和安全的网络、电脑、服务器和信息系统，为两化整合提供了稳定的基础和保障。公司网络包括禅城总部、高明分公司、罗村分公司、新乡、南京分公司。多分公司跨域调度协调，公司总部建立了实时数据平台——佛山照明生产线看板系统，与公司 ERP 实现了互通集成：生产线看板系统能实时显示当前合格率、生产投料数量，通过接口开发的方式，从 ERP 系统取得生产订单相关数据，生产结束后将投料数、合格品数据上传到 ERP 系统，进行生产订单的发料、报工、收货，结合公司的 BI 企业核心数据库以及 SAP HANA 核心数据库，提供了销售分析、采购分析、存货分析、成本分析、财务报表分析等，为管理层提

供详实的分析数。

## 2.2 系统架构

佛山照明约有 1200 台 PC，30 台各型服务器，其中 3 台 SAPHANA 认证的 ThinkServerx3950 服务器，3 台 ORACLE 系列小型机。拥有 3 间独立系统机房，其中 1 间网络交换机房，2 间应用数据服务器机房。公司拥有完善的信息软件基础，其中包括以 SAP 为核心的 ERP 系统，以及周边 MES、HR、PLM、SRM、CRM、OA、商城、防伪防窜、BI 等完备的信息化软件系统。其中核心 SAPERP 系统包含财务成本、生产制造、销售分销、物料仓储、质量检测五大模块，涵盖企业内部所有业务流程。

项目详细的系统架构如图19-1：

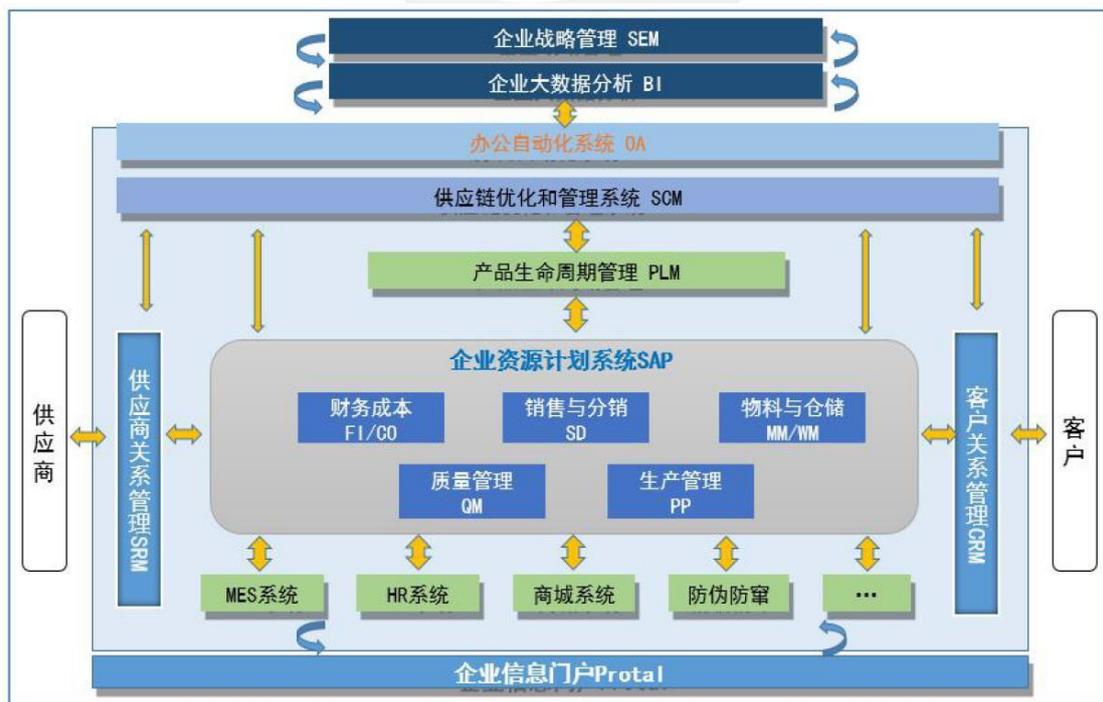


图19-1 系统架构

## 2.3 网络拓扑设计

网络核心采用双冗余三层交换机，核心与各部门网点采用双光纤冗余设计，保证网络冗余不会意外中断。禅城总部与各

分厂之间通过防火墙 VPN 连接，网络稳定安全有保障。根据不同的应用、区域、安全要求网络划分不同的网段，网段之间根据不同要求进行安全访问限制，保护不同区域的数据安全。

项目详细的系统架构如下：

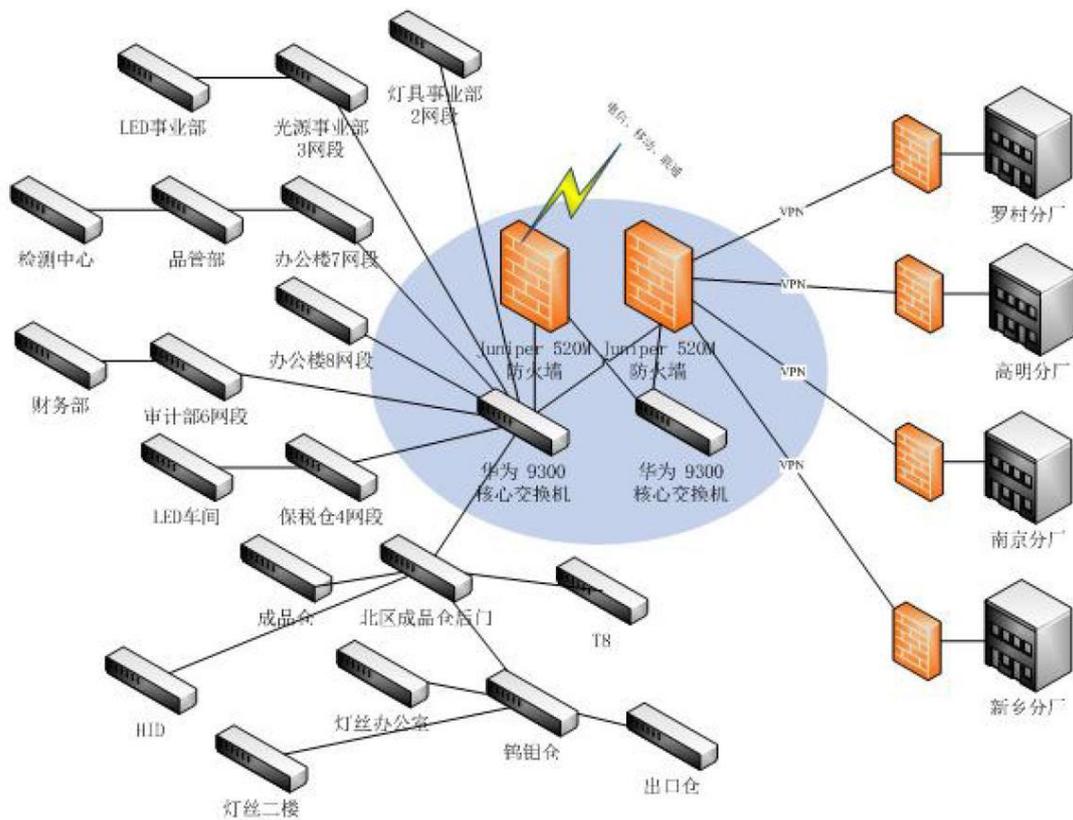


图19-2 网络拓扑

## 2.4 功能设计

### (1) 生产管理能力水平

生产计划与调度的业务覆盖情况和管理精细化水平生产计划管理主要包括销售与运作计划、主生产计划、物料需求计划、能力需求计划。生产调度管理：为使生产计划能够按照交期顺利完成，从生产物料准备、设备配备、劳动力协调、生产运行的全过程来协调控制。

### (2) 物料需求计划的业务覆盖情况和管理精细化水平

物料需求计划的业务覆盖公司 SAP 的整个运转，根据销售订单及销售预测需求产生主生产计划。SAP 系统在进行 MRP 运算时将根据主生产计划展开物料清单（BOM），自动计算各原材料、半成品的相关需求，进而产生相应的半成品计划订单和各原材料采购申请。

### （3）外协计划和过程管理水平与能力

外协计划管理：公司根据生产需要拟定外协采购订单，将要加工的原材料用541移动类移至外包供应商库存地，这时只产生了物料凭证，并没有产生财务凭证。外包供应商加工完后根据加工数量入库、扣料，结算加工费。外协加工的订单进行成本控制，对超出合理损耗的成本进行准确反映。

### （4）5G 智慧物流

厂区建设立体仓库，实现产品从工位到缓冲仓、从集中仓库到线边仓，实现物料定时定点定量配送。智能仓储是指通过物联网、云计算和机电一体化等技术共同实现智慧物流，降低仓储成本、提升运营效率、提升仓储管理能力。通过内置5G模组或部署5G网关等设备可以实现厂区内自动导航车辆（AGV）、自动移动机器人（AMR）、叉车、机械臂和无人仓视觉系统的5G网络接入，部署智能物流调度系统，结合5G MEC+超宽带（UWB）室内高精定位技术，可以实现物流终端控制、商品入库存储、搬运、分拣等作业全流程自动化、智能化。

## 2.5 安全及可靠性

### （1）信息安全等级保护实施情况

佛山照明已取得网络安全等级保护二级认证。对网站、邮

箱等应用系统按要求加装了waf防火墙、邮件防火墙、日志审计平台、入侵检测系统等安全设备。服务器根据等保要求，关闭不必要的服务、增加了密码强度、密码更换周期等安全措施。目前，整体已达到信息化安全要求。

### (2) 计算机和网络安全保护情况

佛山照明计算机已安装了准入系统，只有安装了准入系统并经过公司域控认证的用户才允许连入局域网，保护了网络的用户都是合法用户。经过认证的用户，准入系统还进一步检测电脑的安全配置是否达到公司的安全要求，是否安装安全补丁，是否关闭了一些端口等等，保护了终端安全。对于互联网方面，公司也安装了必要的防火墙等安全设备，保护了网络出口安全。

### (3) 信息资源安全和容灾情况

佛山照明非常重视数据安全，建立了一套本地备份和异地容灾系统，采用的灾备技术是美国飞康公司的IPStorCDP容灾方案，是集磁盘镜像、数据备份、数据远程容灾于一体的综合容灾解决方案，其基本架构如图19-3所示。

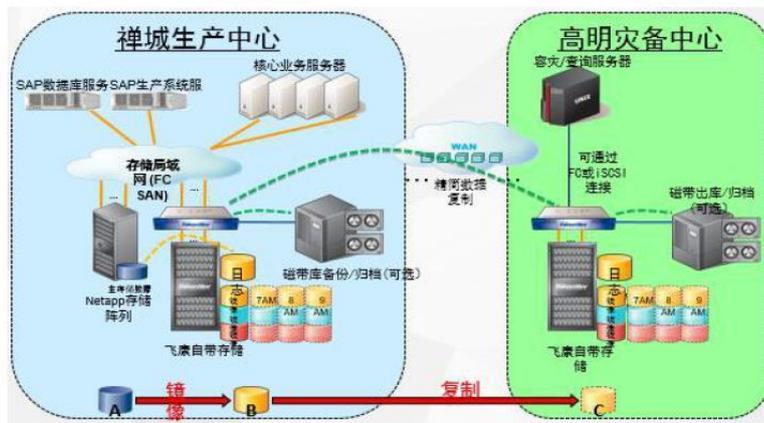


图 19-3 信息资源安全基本架构

### 3 实施效果

项目解决信息孤岛，多品种小批量订单过多，排产困难，产品交期无法得到保证，设备利用率无法得到提升，转型升级困难的问题，智能化生产线、智能车间、智能立体仓库为基础，利用工业互联网连接与集成技术，通过SRM、MES、APS、WMS、BI等信息系统集成，打破信息孤岛，实现产业链信息对接，打通上下游环节，实现产品全周期的智能化管控，形成端到端的集成，实现企业内部信息化管理提升，企业间的协同供应链管理。从而达到提高生产效率、交货周期、客户满意度，提升产品质量，节约企业经营成本，促进企业向智能化制造转型升级，实现企业高质量发展的目标，达成生产效率提高5%，产品合格率提高0.5%，库存周转率提高5%，设备利用率提高3%，订单准时交货率提高5%，仓储面积占用减少10%，成为电器行业内的标杆示范企业。

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

---

# 东莞市漫步者科技有限公司 5G 内网项目

东莞市漫步者科技有限公司

中国联合网络通信有限公司东莞市分公司

---

## 1 项目背景

东莞市漫步者科技有限公司位于东莞市松山湖，属于电子制造业企业，主要生产音响、耳机。公司拥有从产品创意到工业设计、产品研发、规模化生产、自主营销的专业团队，旗下“Edifier 漫步者”和“Xemal 声迈”两个品牌，涵盖多媒体及家用音响、汽车音响、耳机在内的三大品类、20 多个产品系列及上百种型号产品。

漫步者生产园区各个工位的设备及电脑均使用网线的方式进行设备数据采集和内部办公。由于产品特性，音响、耳机产品不断迭代，市场需求不断变更，小批量、多品种的订单需求越来越多，导致漫步者产线频繁换线，每次换线都需要重新布置网络，工作量大，故障率高，经常因为网络问题影响车间生产。漫步者在追求不断创新的同时，希望进一步提升内部生产效率，现场的网络环境已成为制约漫步者进一步提升的瓶颈之一。因此，漫步者亟需提升内部的网络环境。

中国联通结合漫步者生产现场的实际情况，规划了整套 5G 网络通信方案，通过每个工位配置 5G 工业网关连接终端设备，解决生产工位设备数据采集传输，同时通过 5G 虚拟专网的解决

方案，完成跟内部生产系统之间的数据对接，有效解决漫步者网络需求。

## 2 项目实施

该项目建设漫步者耳机车间的 5G 内网，通过 5G 虚拟专网，完成车间 5G 信号覆盖以及内部生产系统数据的打通。

### 2.1 总体方案介绍

本方案采用 5G 无线通信方式，针对车间复杂环境，减少了布线的困扰，且传输速度比总线方式快。相对总线通信方式，无线通信系统具有更高灵活性，数据采集点变更方便，系统布置简单，只需在合适的位置放置 5G 通讯数据采集网关，通过 5G 虚拟专网即可搭建一个连接局域网的数据采集网络。

可实现对生产设备现场数据的实时信息采集、处理和监控等功能，实现终端与管理端的远程信息交互。

### 2.2 系统架构

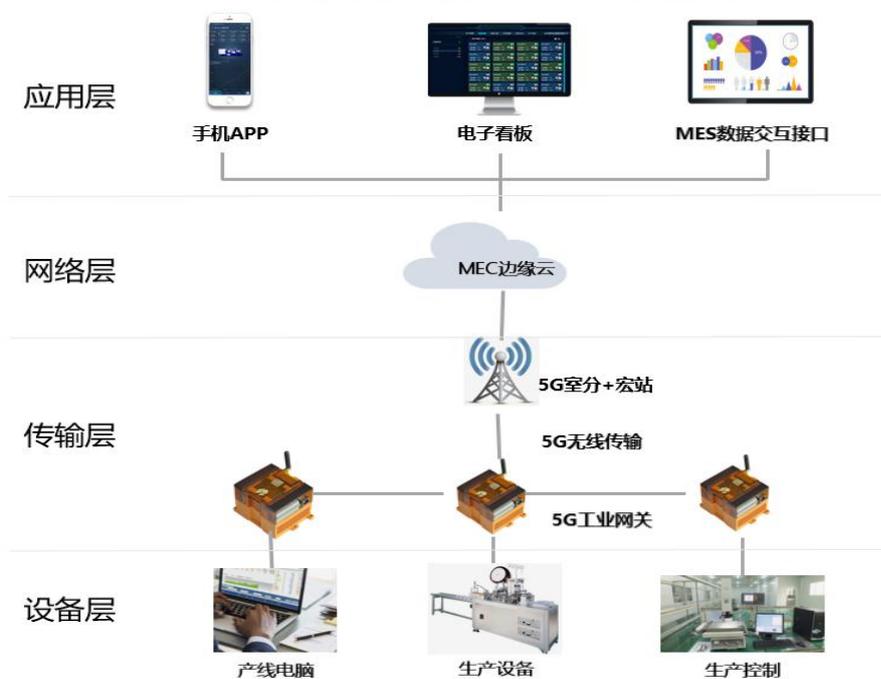


图 20-1 5G 系统方案架构设计

通过 5G 网络通信方式，实现各机台数据联网，同时通过 5G 虚拟专网，实现跟内部生产系统数据打通。

方案分设备层-网络层-应用层 3 层架构，首先在设备层，通过有线方式连接生产设备及 5G 工业网关，采集设备生产数据。其次，在网络层，通过 5G 室分信号的全覆盖，由 5G 工业网关将信号传输至 5G 宏站，5G 宏站传输数据至 MEC 边缘云平台，再通过 UPF 分流至本地网络跟内部生产系统对接，实现设备生产数据与内部系统的无缝衔接。在每次产线变动后都无需调整，网络传输速率快，传输稳定。

最后，在应用层，通过设备生产数据的整合，通过设备管理平台实时掌握设备动态，实现远程车间管理，了解生产实时进度。

东莞市漫步者科技有限公司结合未来发展需要，计划上线 AGV 小车，减少车间和仓库的搬运工作，提高内部协同效率。本方案提前为 AGV 项目的上线提供了网络环境，可协助企业实现 5G+AGV 自动物流方式。

### 2.3 基于 5G 网络架构设计

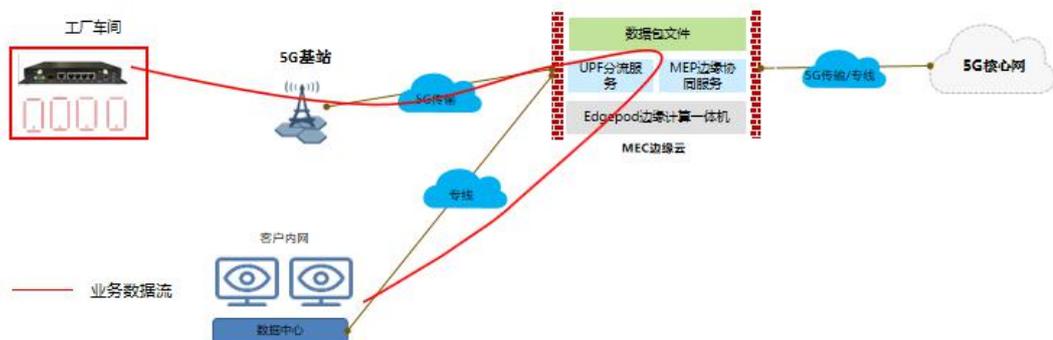


图 20-2 漫步者 5G 内网架构

本次室分覆盖范围是漫步者生产车间二、三、四楼层紫色

框线厂房区域，通过新增 5G-BBU1 套，5G-HUB 设备 4 套，5G-pRRU 设备 14 套，实现生产区域内 5G 网络 100%覆盖。

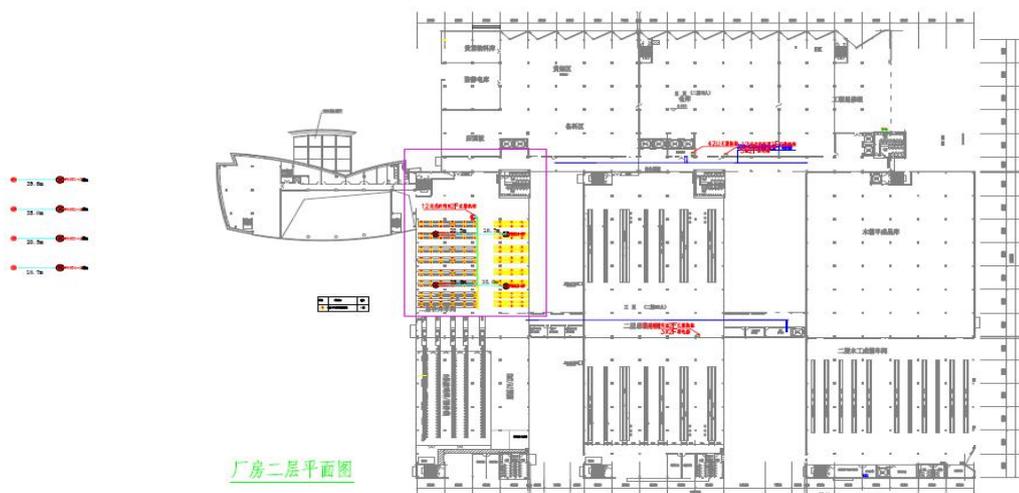


图 20-3 漫步者生产车间二楼 5G 网络覆盖方案

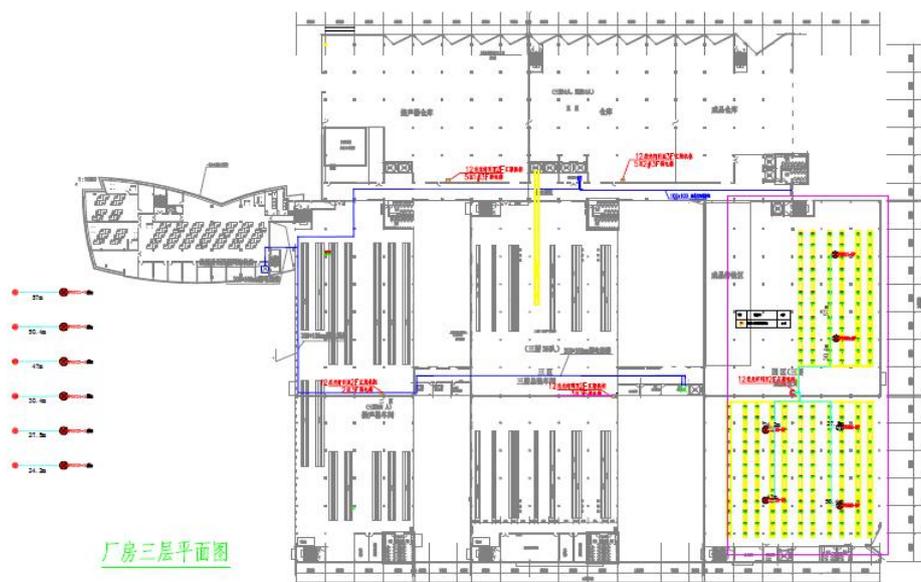


图 20-4 漫步者生产车间三楼 5G 网络覆盖方案



图 20-5 漫步者生产车间四楼 5G 网络覆盖方案

## 2.4 功能设计

该项目功能重点在实现生产车间的 5G 网络覆盖，同时通过 5G 虚拟专网的方案，实现生产数据跟内部生产系统对接，同时为后续的 5G+AGV 项目上线提前部署了网络环境。

## 2.5 安全及可靠性

目前一期项目交付成功，已正常运行 4 个月，期间网络稳定、可靠，尚未出现网络质量问题。安全及可靠性优良。同时经过分阶段多次网络测试，信号、时延都处于优良状态。

该项目接入漫步者内网，网络安全性高。项目属中国联通东莞市分公司重点保障项目，建立了三级的网络应急保障机制，针对漫步者 5G 网络出现的任何问题，按照一点故障，多点并发排查方式，保证在 12 小时内核查故障原因及处理，保障机制完善。

## 3 实施效果

东莞市漫步者科技有限公司 5G 内网建设项目的成功实施，

有效解决了漫步者生产车间的网络传输问题，剪掉了传统有线网络的“辫子”。具体实施效果如下：

1、按照实际生产节拍，每月需完成一次生产车间换线，每次换线将停工一天。通过本项目，每月提升了8%的生产效率。

2、由于车间设备密集，布线难度大，隐蔽式布线需增加大量走线成本，有效解决网络成本达4万元/年。

3、传统布线方式容易受人为影响，导致网络故障，一旦故障将导致设备无法正常运行，通过5G网络减少了故障机率，提升了13%设备使用效率。

4、IT部门日常工作繁杂，网络问题一直严重困扰IT部门，严重限制了企业信息化提升，本次5G内网改造项目长久解决了网络覆盖问题，为漫步者将来信息化的发展提供了坚实的基础。

5、按照漫步者未来发展计划，后续上线的AGV项目可直接使用5G网络，助力企业实现5G+AGV自动化物流的作业方式。

Alliance of Industrial Internet

---

# 广东广青金属科技有限公司 5G+智慧厂区建设项目

广东广青金属科技有限公司

中国联合网络通信有限公司阳江市分公司

---

## 1 项目背景

广青智慧钢铁项目建设有厂区专有网络和厂区自治网络，与传统的网络存在明显的差异，基于共享网络对全网用户进行业务体验管理的方式不再适用；既需要重点区域实现差异化的“面”状保障，又需要重点区域里面的不同业务实现差异化的“点”状保障，对网络运维挑战巨大。

### 1.1 基础网络能力不足

钢铁厂区专网提出的业务安全隔离、SLA 保障、体验隔离、部分生产数据不出厂区要求对数据的安全要求高；大量的自治网络，原有的传统网络架构不再适用；业务对上行大带宽、低时延、业务可靠性极高，目前基础网络能力不足，技术实现瓶颈较大。

### 1.2 网络质量保障手段缺失

业务分析能力低下，网络 KPI 无法准确反映业务体验情况。自建网络设备处于“盲区”；造成故障发现不及时，存在自证能力不足等问题，违约风险较大。

### 1.3 业务专属网络能力落地难

不同的业务应用对网络的能力要求差异较大，需对业务赋能专属的网络能力；业务类型繁多，基于业务定制化切片能力

困难；不同业务的 SLA 指标要求差异较大，需要针对不同的业务进行对应的 SLA 服务管理。

#### **1.4 运维支撑手段不健全**

切片管理编排无平台支撑，新业务上线周期长；传统运维及监控是基于大数据量的架构，无法满足 ToB 业务厂区内处理的信息安全要求和平台轻量化的需求；厂区设备的运维管理缺乏手段，厂区设备处于脱管状态。

## **2 项目实施**

### **2.1 主要功能**

本项目的建设，旨在搭建 5G 基站，实现 5G 信号的全覆盖，通过构建 5G 网络组网，利用 5G 高速率、低延时、大连接的网络支撑能力，探索 5G 技术与智慧工业的融合，降低错误率，提升效率，实现传统制造的数字化转型和 5G 的技术突破。

#### **2.1.1. MEC 智慧物联网管理系统**

通过 MEC 边缘部署，建成边云协同的物联网管理应用平台，结合智能网关设备实现多种工业协议的转换和数据采集，赋予各种传统工业设备数据传输能力，是全生产链条数据快速上云成为可能；形成数据底座，有效连接 ERP 和 MES，贯通信息系统和生产运营系统，实现数据从底层设备到生产应用的无缝对接，有效消除信息孤岛，实现生产过程一体化管控、全过程信息追溯等。

#### **2.1.2. 5G 智能巡检头盔系统**

5G AR 头盔是典型的 5G 移动式应用场景，它有效地解放了工作人员双手，同时是工作人员获得了后端同步的及时的支持；

而在巡检工作中它帮助工作人员进行点检的步骤是操作指引，并拍照留底，减少了工作人员的操作错误的同时，也规范了巡检留底数据，使得巡检更有效率，档案数据更有价值。

### **2.1.3. AOD 炉防漏钢告警系统**

AOD 炉附近属于高温区域，有线部署非常容易损毁，红外热成像摄像头监控画面和数据通过 5G 网进行无线信号传输，将采集的数据通过 5G 专网实时上传至 AOD 炉防漏钢预警系统，采集 AOD 炉的实时炉体温度，结合高温预警辅助对 AOD 炉的实时监测工作，在 AOD 炉高温部分、炉体薄弱侧进行告警提醒管理人员该部分存在漏钢风险。

### **2.1.4. 5G 无线视频监控系统**

5G 高清无线视频监控，一方面无需布设线缆，有效降低维护成本的优势，在光纤无法布设位置也可部署无线监控设备。另一方面，当需要变更监控点或临时布置监控点，无线视频监控设备即插即用，实现随时随地低成本快速、批量部署。在临时物料布防、临时施工监督、临时管理布控等场景都有丰富的应用需求。

### **2.1.5. 铁水车调度系统**

炼钢厂铁水是通过铁水车来回穿插于镍铁厂、炼铁厂和炼钢厂，铁水车单程运送时间长，车辆周转频次高，且只能通过手机或对讲机进行沟通，物流运输信息反馈滞后问题，车辆调度困难，不便于铁水衔接管理，制约相关生产流程作业效率。由于车辆大部分时间处于行驶状态，对于移动性管理要求较高，为保证车辆安全，传统 4G 网络无法满足数据上报时延。

## 2.1.6. 煤气防泄漏监测系统

通过工业级 5G 网关采集生产现场煤气监测设备的数据，实时上传，实时检测煤气、阀门位置有无气体泄漏，一旦发现计量数据出现异常则发出报警信息，并协助管理人员定位煤气告警的区域，实现传感器设备的数据通过物联网平台大屏数据监控视图展示，通过物联网平台统一告警与实时监控。

## 2.2 设计理念

5G+智慧钢铁的应用技术，面向钢铁企业智能运维监测典型场景应用示范等实践，探索 5G 在智慧钢铁领域的深化融合与推广应用，加速推进钢铁智慧设备实现数字化、智慧化升级。



图 21-1 设计愿景

虚拟专用网络部署方面，协助配合运营商通过行业网完全复用基站和频率等公网无线资源，利用 QoS、端到端切片等方式保障专网业务数据与公网数据逻辑隔离，部署快、成本低，主要适用于隔离度、敏感度要求不高的行业应用场景；与公网共享无线基站，但占用单独频率资源，可结合本地分流技术实现公网和专网数据的高度隔离，网络的安全性、可靠性大幅提

升，覆盖成本略高，主要适用于能源、工业等园区行业应用场景。

## 2.3 项目方案

### 2.3.1. 5G 专网建设方案

#### (1) 5G 网络结构方案

结合 5G 智慧厂区应用系统业务需求，利用 5G+MEC 实现 5G 专网，阳江广青金属 5G 专网的网络拓扑图如图 21-2：

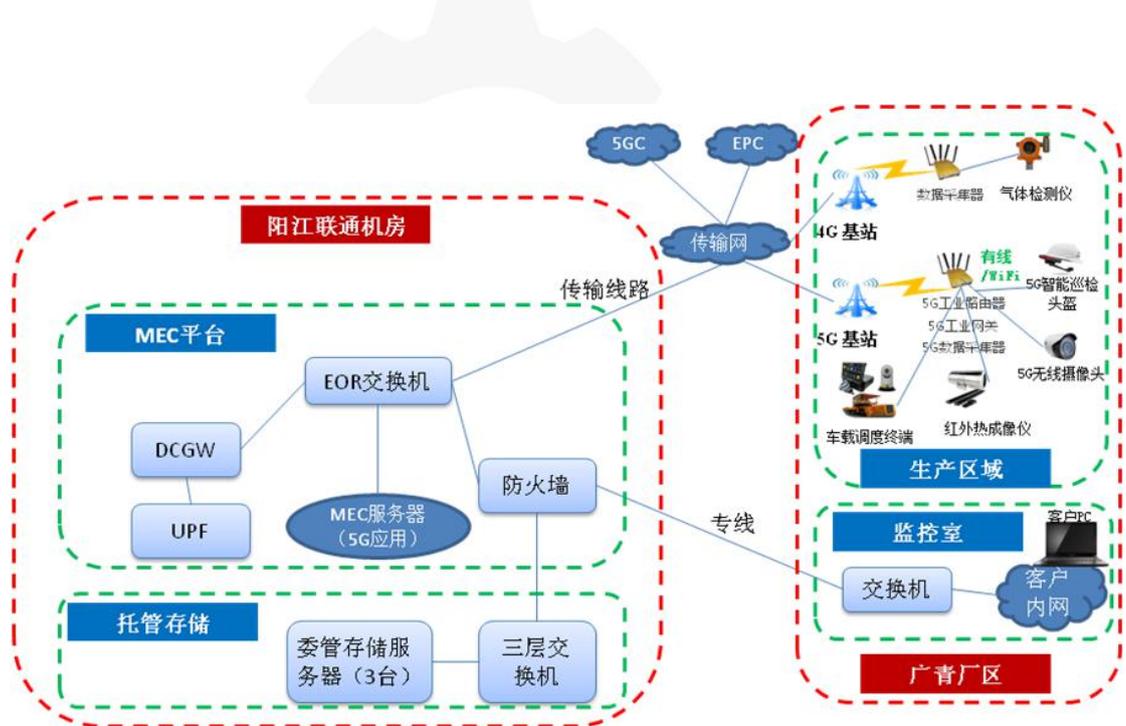


图 21-2 网络拓扑

为了给广青金属生产区域提供良好的 5G 信号覆盖，阳江联通在广青金属内部已建设室外 5G 宏基站 9 套。



图 21-2 5G 宏基站部署

## (2) 5G 网络系统的价值与效果

- 1) 利用广东联通在阳江核心机房部署的共享 MEC 节点来搭建 5G+MEC 专网；
- 2) 所有新建 5G 和 4G 应用系统及管理平台都部署在联通 MEC 平台上；
- 3) 前端的 AR 眼镜、摄像头等终端通过有线或 WiFi 与工业网关相连，同时在工业网关上插入一张 5G SA 物联网卡，配置专用 DNN 域名，通过 5G 核心网的控制面选择和路由配置，以及下沉到阳江共享 MEC 节点的 UPF，实现到厂区的数据分流，从而实现前端数据与部署在 MEC 平台上应用系统的打通；
- 4) 通过专线连接联通 MEC 机房与客户厂区，实现应用系统与客户内网 MES 等业务系统的通信，以及客户端维护人员电脑对 MEC 平台上应用和管理系统的访问需求；
- 5) 由于视频存储时间长（三年）、容量要求高，而

共享 MEC 的大容量存储价格较贵，采用客户采购存储服务器托管到阳江联通的 MEC 机房与 MEC 对接，并通过相应的安全策略设置仅满足其对 MEC 平台必要访问权限；

6) 由于部分应用（如数据采集应用）对带宽和时延要求低，但其系统也部署在 MEC 平台上统一管理，因此采用 5G SA 物联网卡插入 4G 工业网关，通过 4G/5G 融合，利用 5G 回落 4G 的方式来满足对 MEC 平台访问。

部署在商用 MEC 环境后，实测 5G 终端到 MEC 平台网络平均时延约 11ms，4G 终端到 MEC 平台平均时延约 52ms。

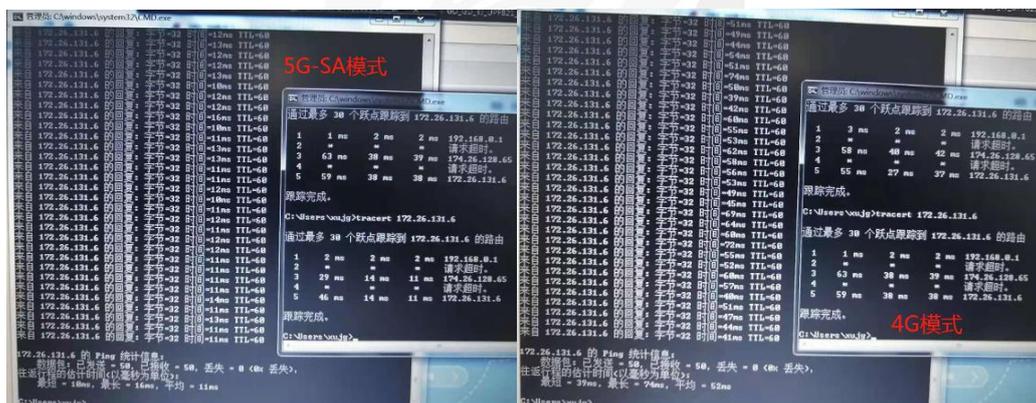


图 21-3 现场测试图片

## 2.3.2. 原生 MEC 智慧物联网管理平台

### (1) 系统概述

基于 5G 智能边缘网关提供的计算、存储及通信能力，构建服务于钢铁企业内部应用的边缘云，解决厂房内部结构复杂、设备独立监控、分散管理模式导致的“数据孤岛”问题，实现设备连接、感知数据的统一采集、汇聚和智能挖掘处理。

### (2) 解决方案

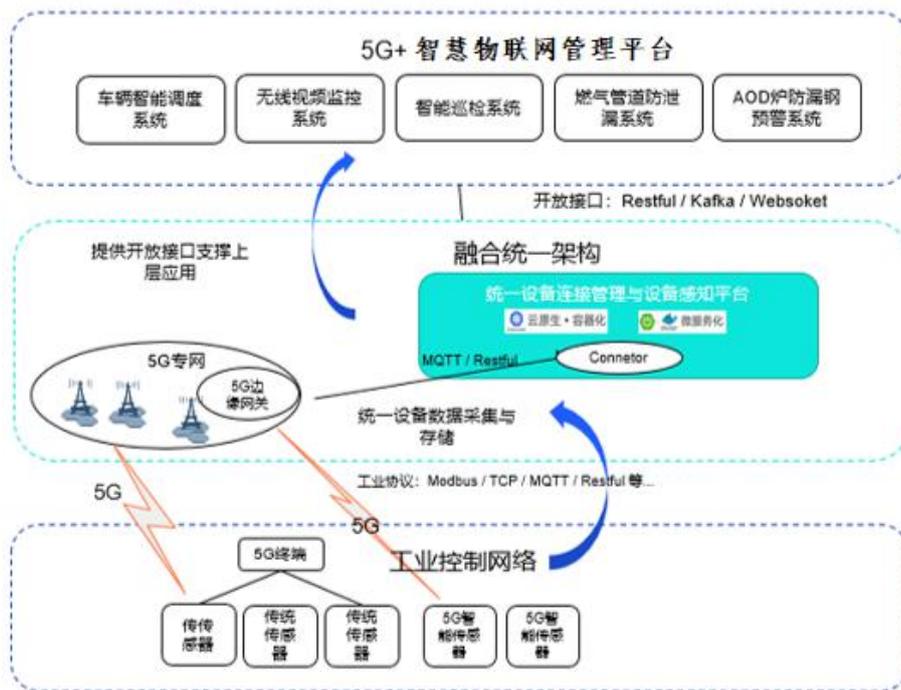


图 21-4 智慧物联网管理平台

### 2.3.3. 5G 智能巡检头盔系统

#### (1) 解决方案

日常员工巡检依靠微信和后台技术人员沟通，往往要单手操作，视频画面又存在模糊卡顿现象，存在安全隐患和沟通信息误差。现利用 5G 网络大带宽的优势，突破了高清画面实时传输的带宽瓶颈。现场巡检人员佩戴智能巡检头盔，头盔上配置高清摄像头，依托 5G 网络将现场情况实时回传指挥中心，实现巡检全过程视频记录与归档，确保维护数据留存，并为巡检教学提供视频资料。指挥中心可以通过 AR 眼镜给巡检人员操作指令，实现巡检步进式标准化操作。可对实时视频或静态图像进行批注讲解，并将相关操作推送到他们的显示屏上，向现场人员提供维护指导。

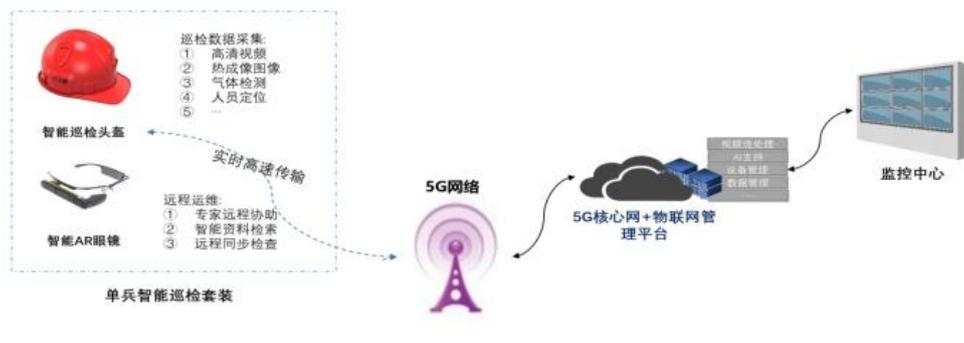


图 21-5 巡检头盔系统

## (2) 方案价值和效果

拍照留底，减少了工作人员的操作错误的同时，也规范了巡检留底数据，使得巡检更有效率，档案数据更有价值。



图 21-6 巡检头盔现场

### 2.3.4. AOD 炉防漏钢监测系统

#### (1) 面临的需求和挑战

AOD 炉是精炼钢水的主要设备，主要通过钢水氧化反应提供热能，其熔液温度在 1350-1750℃。随着炉龄的增长 AOD 炉存在穿漏的风险，AOD 炉一旦出现漏钢并且没有及时发现处理，不仅给钢铁厂带来经济损失，而且还容易造成人员事故的发生。目前企业对于 AOD 炉的检测，仅依赖人工手持红外测温仪器进行监测，该种测试方式局限性非常大：不能实时的、系统的反应 AOD 炉的使用情况；测量的精度误差较大；测量操作不当容易人员事故。同时，如果采用普通有线的红外测温仪，其不仅

布线麻烦，而且对于钢厂的高温多尘的生产环境测温仪的数据传输线往往容易受损。这样一来在加大了企业的设备维护成本的同时，检测效率提升幅度也不大。

## (2) 解决方案

系统架构如图 21-7 所示。

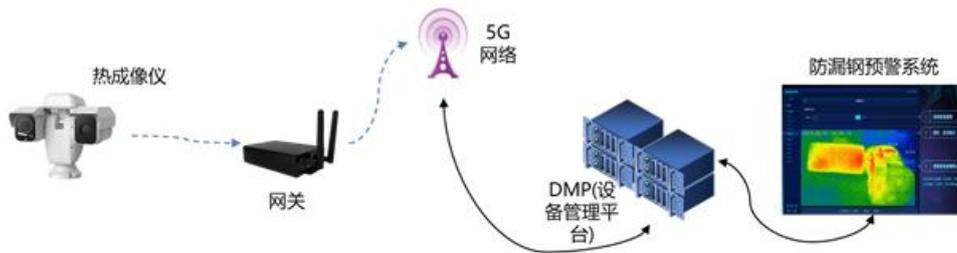


图 21-7 AOD 炉防漏钢监测系统架构

整个冶炼周期,从装料到倒渣完毕的时间约为 20-30 分钟。对相机单独设置报警条件,具有区域温度分布情况、伪彩、点/圈/框时间温度变化分析、点/圈框时间温度趋势分析、色标调用、像素数百分比含量、等温分析、温度复制、报告自动生成等功能;使工作人员现场就可对钢包进行细致的分析,预防钢包穿包。实现 7\*24 小时不间断监控,同时最大限度保证了数据的实时性,保障安全生产。

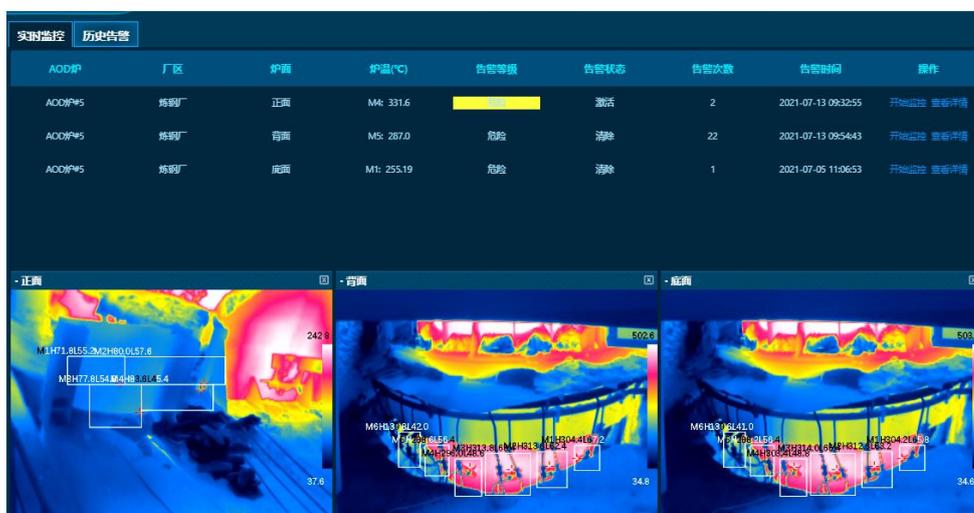


图 21-8 系统显示界面

高温预警：针对不同的炉体区域，设定高温阈值，当该区域温度超过阈值，发送警报并上报；可实现远程控制，移动端实时接收报警信息，大大增加工作效率。

### （3）运行效果

AOD 炉附近属于高温区域，有线部署非常容易损毁，因此我们通过 5G 网进行无线信号输出，将采集的数据通过 5G 专网实时上传至 AOD 炉防漏钢预警系统，采集 AOD 炉的实时炉体温度，结合高温预警辅助对 AOD 炉的实时监测工作，在 AOD 炉高温部分、炉体薄弱侧进行告警提醒管理人员该部分存在漏钢风险。

该系统实现了对炉体温度实时监控、周期温度变化的统计达到防漏钢预警的作用。大大减少了人员需要抵近高温区域进行人工测温的危险操作，再确保生产效率的同时，有效提高生产安全性。

## 2.3.5. 5G 无线视频监控系统

### （1）面临的需求和挑战

炼钢厂有多套监控摄像头，每套摄像头都是通过传统有线的方式进行画面传输和存储，需要铺设大量光纤和网线实现监控，布网成本较高，炼钢厂地面承重要求高，布网施工难度大，厂区地表温度高、高盐碱性、多金属粉尘，线路使用寿命短、维护成本高，且效率较低，工作人员作业时也有安全隐患如因生产调整，需要变更监控点或临时布置监控点，有线监控无法灵活布置。因为目前 4G 网络是共享网络无法实现切片，无法保障监控视频实时传输，无法保障时延、并且大网中断会造成相

关应用中断，所以必须依托 5G--MEC 和 5G 切片技术，确保相关应用不受大网和公众业务影响。

## (2) 解决方案

通过 5G 网络把前端高清摄像机数据高速率、低延时、稳定传输到后端高清存储设备、视频综合平台和显示大屏等，体现出系统的高集成化、高智能化、高可靠性、高扩展性、高易用性等优势。5G MEC 和 5G 切片技术，保障监控视频实时传输，确保相关应用的不受大网和公众业务影响。摄像头的视频数据通过 5G MEC 本地分流上传到视频中心，实现视频监控的灵活部署和调整，满足高清视频画面传输，快速上传视频和远程无线调取本地存储视频，避免了数据流出，保障了企业数据安全。



图 21-9 系统总体架构图

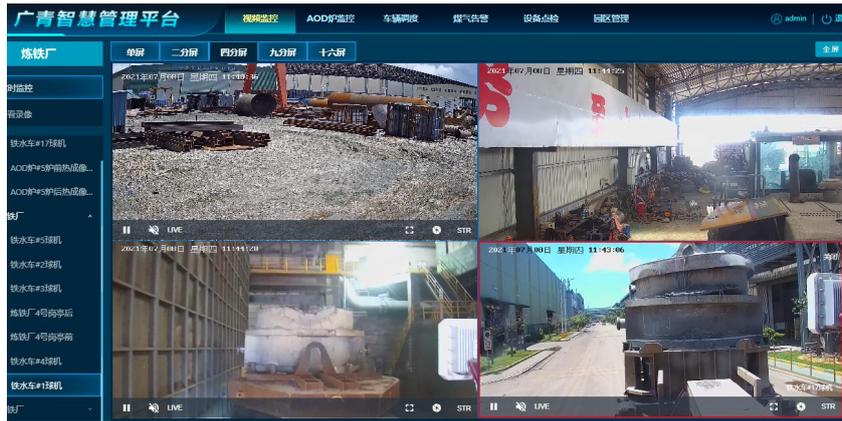


图 21-10 5G 无线视频监控系统界面

5G 高清无线视频监控，无需布设线缆，有效降低维护成本，光纤无法布设位置也可部署无线监控设备，当需要变更监控点或临时布置监控点，无线视频监控设备即插即用，实现随时随地低成本高效批量部署。

### 2.3.6. 铁水车调度系统

#### (1) 面临的需求和挑战

炼钢厂铁水是通过铁水车来回穿插于炼铁厂和炼钢厂，铁水车单程运送时间长，车辆周转频次高，且只能通过手机或对讲机进行沟通，物流运输信息反馈滞后问题，车辆调度困难，不便于铁水衔接管理，制约相关生产流程作业效率。由于车辆大部分时间处于行驶状态，对于移动性管理要求较高，为保证车辆安全，数据上报时延需为 5-10ms，传统 4G 网络时延大概 200ms，无法满足需求。

#### (2) 解决方案

通过部署 5G 车载终端、铁水包智能标签、将运输车辆位置、速度、车牌信息和铁水包包号、炉号、铁水重量等信息通过 5G 网络实时上传至物联网管理平台，实现车包绑定、车辆位置管

理、铁水包全生产过程管理，调度人员可以实时掌握物流信息，有效进行车辆和生产运输任务调度，大力推动炼钢厂数字化、智能化、柔性化生产升级转型。通过 RFID 实时响应路过的监测点位置信息，平台可以及时下发调度任务，通过车载终端通知车辆驾驶员厂房进出口编号。实现车路协同，保障运输安全，提高运输效率。

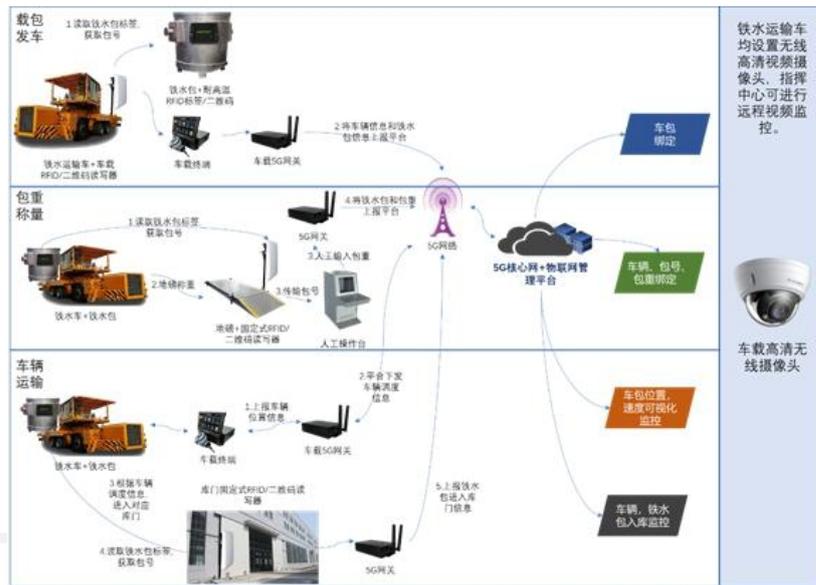


图 21-11 铁车调度系统架构

指挥中心可视化大屏展示，实时显示铁水车位置、速度、车号、铁水包包号、炉号、铁水重量等信息和入库情况。



图 21-12 指挥中心可视化大屏

### （3）方案价值和效果

实现平台系统呈现铁水车调度监控界面，实时显示铁水车状态信息，实时显示铁水包状态信息，多用户角色订单功能协同操作。车载 APP 初步完成，根据平台信息显示指引，并上线使用。

本功能实现车包绑定、车辆位置管理、铁水包全生产过程管理，实现了红送铁水整个工作流程信息的全数字化流转，帮助生产单位有效进行车辆和生产运输任务调度，推动炼钢厂数字化、智能化、柔性化生产升级转型、提高运输效率。

同时，在铁水车上装配可以移动球机，充分利用 5G 网络的带宽优势，帮助调度端实现对装载物（铁水包）、车辆、路况、司机，4 为一体的实景管理，为调度端提供更及时、更立体的前端信息，支撑后端做出更合理的调度。

## 2.3.7. 煤气防泄漏监测系统

### （1）面临的需求和挑战

煤气通过管道运输到各个煤气用户，如烧结、热风炉、炼钢、煤气发电等，这就造成煤气分布广，监管困难，存在可燃气体泄漏导致火灾、爆炸或人身伤害事故的风险。同时企业需要对燃气管道进行人工点检，人工成本支出较大，而且由于使用的固定式煤气报警仪，无法实现统一监管难以形成实时监测和系统数据分析。并且在检修过程中对于密闭或不通风的环境下无法实现提前预警，造成检修效率低、易造成安全事故等问题。

### （2）解决方案

通过采用 5G 网络进行一氧化碳数据实时采集，实时分析该数据是否出现异常、检测燃气管道、阀门有无泄漏；一旦发现计量数据出现异常则发出报警信息，并协助管理人员定位管道泄漏的区域。对数据整合、分析，对生产现场实时预警、指导。有效防止因煤气泄漏导致火灾、爆炸或人身伤害事故，为生产稳定运行、岗位作业安全保驾护航。



图 21-13 系统架构图

系统可对监测终端执行相应的远程操作命令，包括远程参数设置，远程升级等。起到集中监控管理的作用。操作者可根据异常报警的数据点位迅速确定报警原因，从而及时排除故障。从而保障气体监测工作稳定运行；利于工作人员进行现场维护管理。并对每个设备进行分区域管理。大幅提升对气体检测仪的管理效率。

### (3) 方案价值和效果

煤气防泄漏报警系统方案的引入可以有效的解决厂区内因燃气泄漏问题造成人身事故或火灾事故的发生，该方案能够实时在线监测厂区内的燃气浓度值，当监测燃气浓度值超过设定

值时，可通知人员及时掌握隐情信息，便于及时采取有效措施。

系统可替代传统的人工周期性巡检，进行 24 小时在线监测，以确保易泄漏区域危险信息第一时间被掌控，将安全隐患消灭于萌芽，从而降低巡检成本，提高企业综合管理水平。

### **3 实施效果**

#### **3.1 技术指标**

##### **3.1.1 5G 网络部署情况**

本期项目在车间、办公楼、综合楼、宿舍楼楼顶新增 5G 宏站（大网）等地方建设 9 个室外 5G 基站，实现了对厂区（重点区域、全面）5G 信号的覆盖；目前测试厂区信号良好，平均时延小于 10ms。

5G+智慧厂区建设项目与传统园区存在明显的差异，本项目在广青厂区建设了 8 个 5G 基站系统实现了广青厂区 5G 专网全覆盖，并且通过 MEC 边缘云下沉等技术，助力 5G 技术与智能制造工艺的融合，降低错误率，提升效率，实现传统制造的数字化转型和 5G 工业互联网应用。

##### **3.1.2 MEC 智慧物联网管理系统**

完成边云协同的物联网管理应用平台，结合智能网关设备实现多种工业协议的转换和数据采集；实现设备连无线视频、煤气检测器、热成像设备、特定区域等不同业务场景安装匹配的视频设备、报警装置等设备连接与数据联通。从系统建设的结果看来，5G+物联网+专业技术场景的结合，触摸到、解决了厂区的传统痛点问题，并在日常生产工作中起到了切实有效的帮助，系统总体上满足辅助厂区的日常业务操作要求。

### 3.1.3 AOD 炉防漏钢检测系统

完成安装多台红外热成像仪。完成了系统应用功能开发，实现监控界面实现炉体正面和炉体背面温度监测；该系统实现了对炉体温度实时监控、周期温度变化的统计达到防漏钢预警的作用。大大减少了人员需要抵近高温区域进行人工测温的危险操作，再确保生产效率的同时，有效提高生产安全性。

它代替了原来的人员抵近测温的工作，防止发生人生意外。从定期测温升级为全生产过程准实时测温，将传统的点测温，升级为面测温，对炉体的监测更加全面、准确。量化了炉体实时温度、可进行周期温度变化数据的统计分析，对漏钢风险进行预测和预防；提升了 20%以上预测响应速度。

### 3.1.4 铁水车调度系统

完成多台铁水车的 5G 网关、摄像头、车载主机、RFID 读卡器的安装；通过部署 5G 车载终端，铁水包智能标签，将运输车辆位置、速度、车牌信息和铁水包包号、炉号、铁水重量等信息通过 5G 网络实时上传至物联网管理平台。

此场景应用解决了车辆位置无法实时显示和调度流转过程监控难的痛点。量化了铁水装载包、车辆调度、路况监控、生产 MES 系统等全生产流程数据实景管理。提升了 35%的铁水运输调度效率。

### 3.1.5 无线视频监控系统

无线视频监控已安装多套可移动支架式 5G 高清视频监控，无需布设线缆，有效降低维护成本，相比光纤更灵活。此应用解决了视频监控布线困难、难以快速部署的痛点。量化了全厂

区人员进出、车辆运行、产线运作等视频监控数据，后端实时全势态感知。提升了 70%的视频传输速率和监控点位部署效率。

### **3.1.6 5G-AR 巡检头盔系统**

已交付 5 套头盔设备、实现远程专家指导（前后音视频同步、涂鸦、画面冻结等）实时同步指导，实现了现场巡检人员佩戴智能巡检头盔和 AR 眼镜，此应用解决了现场人员操作复杂和无法即时获取远程专家人员指导的痛点，大大降低现场检修人员的技术要求等级，优化人员生产力。同时，实现园区设备智能巡检，量化了设备检修、日常巡检等运维数据，建立了全巡检流程数据档案。提升了 30%的日常巡检和远程协助交流效率。

### **3.1.7 煤气检测系统**

完成对接钢铁厂全区域煤气检测点位 200 个；完成此系统应用功能开发，实现传感器设备的数据通过物联网平台大屏数据监控视图展示，通过物联网平台统一告警与实时监控。

## **3.2 经济指标**

项目完成后，预计新增销售收入 5000 万元，新增利润 500 万元，新增税收 125 万元。

---

# 江苏双星彩塑工业园区 5G 专网

江苏移动宿迁分公司

---

## 1 项目背景

江苏双星彩塑新材料工业园区建设于 2002 年，园区专业致力于先进高分子复合材料领域产品技术研发，生产销售、进出口贸易为一体的国家高新技术产业园区，园区总资产超过 100 亿，年销售额达 50 亿元。双星彩塑是生产规模最大、品种最全、种类最多的塑料膜材料企业，国内和全球市场占有率长期位列全球第一方阵。

双星彩塑老厂区的信息系统建设年代已久，网络设备及各种 IT 设备都存在老化现象，随着新厂区的信息化程度标准提高，园区整体网络架构难以顺畅对接。轻工塑料行业由于产品特性，普遍存在车间温度过高、刺激性气味较大等痛点问题，企业亟需向智慧园区、智慧生产方向转型，构建一张稳定能够智慧园区的网络迫在眉睫。

## 2 项目实施

双星彩塑 5G 专网建设旨在加速园区工业化和智能化升级，为后续 5G 设备添加应用铺平道路，对老厂区网络部分进行机房搬迁与新厂区网络设备一体化，融合整个园区网络。

### 2.1 总体方案介绍

双星彩塑 5G 专网采用专享部署方案，网络层的 UPF 设备部

署在园区客户机房，为该园区专用，最大限度降低端到端时延，而且灵活的分流方案使得数据不出园区，保障了客户信息安全。园区采用 5G SA 无线组网，室外连续覆盖，室内深度覆盖，支持固定和移动多种终端接入方式。引入 MEC 边缘计算，将园区业务分流到园区服务器，提供高可靠、高体验、灵活开放安全的园区智能专网。

## 2.2 网络拓扑设计

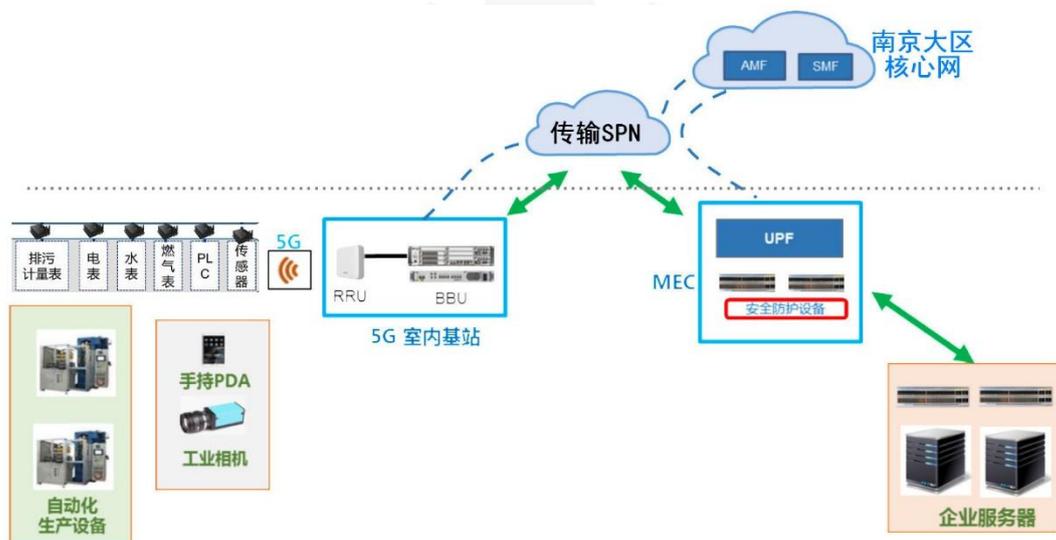


图 22-1 网络部署示意

5G 终端（仪器仪表）采集的数据首先接入 5G 基站，然后通过传输 SPN 设备，经厂区机房的 MEC（UPF）设备和园区服务器互联。采用专享的 UPF 下沉部署以及专有的网络切片技术。

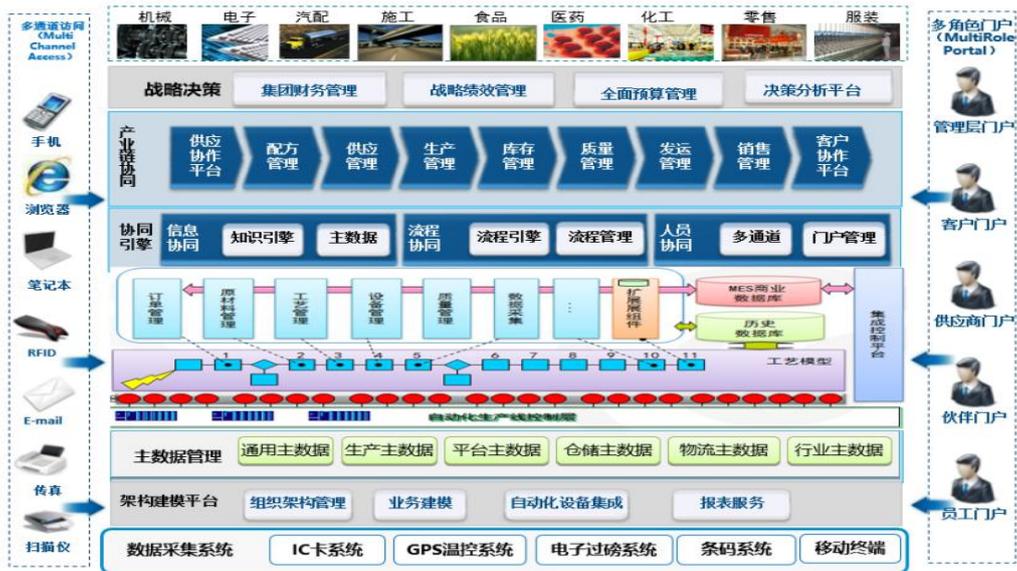


图 22-2 系统功能

## 2.3 功能设计

### 2.3.1 5G 无线接入功能设计

双星彩塑园区内 5G 基站分为宏站和室分。方案如下：

用 5G RRU 新建分布系统对双星彩塑 E 区需求区域进行 5G 信号的覆盖。天线的类型和线缆、信源安装位置已详细规划。例如：

	BBU	新增2台5G BBU	
	信源安装位置	pBridge	5GRRU1安装在1号仓库中间新增机柜;5GRRU2安装在5号聚酯车间;5GRRU3安装在4号仓库中间新增机柜;5GRRU4安装在7号仓库中间新增机柜; 5GRRU5安装在8号仓库中间新增机柜; 5GRRU6安装在11号仓库西侧新增机柜; 5GRRU7安装在12号仓库中间新增机柜; 5GRRU8安装在13号仓库中间新增机柜; 5GRRU9安装在3号车间南侧西机房1F壁挂; 5GRRU10安装在3号车间南侧东机房1F壁挂; 5GRRU11安装在E区3号车间东侧1F前室侧墙; 5GRRU12安装在E区3号车间2F西北侧新增机柜; 5GRRU13安装在E区3号车间2F西北侧新增机柜; 5GRRU14安装在E区3号车间2F东北侧新增机柜; 5GRRU15安装在E区3号车间2F东南侧新增机柜;
天线类型	单极化全向吸顶天线、单极化定向壁挂天线、单极化对数周期天线	设备频段	D

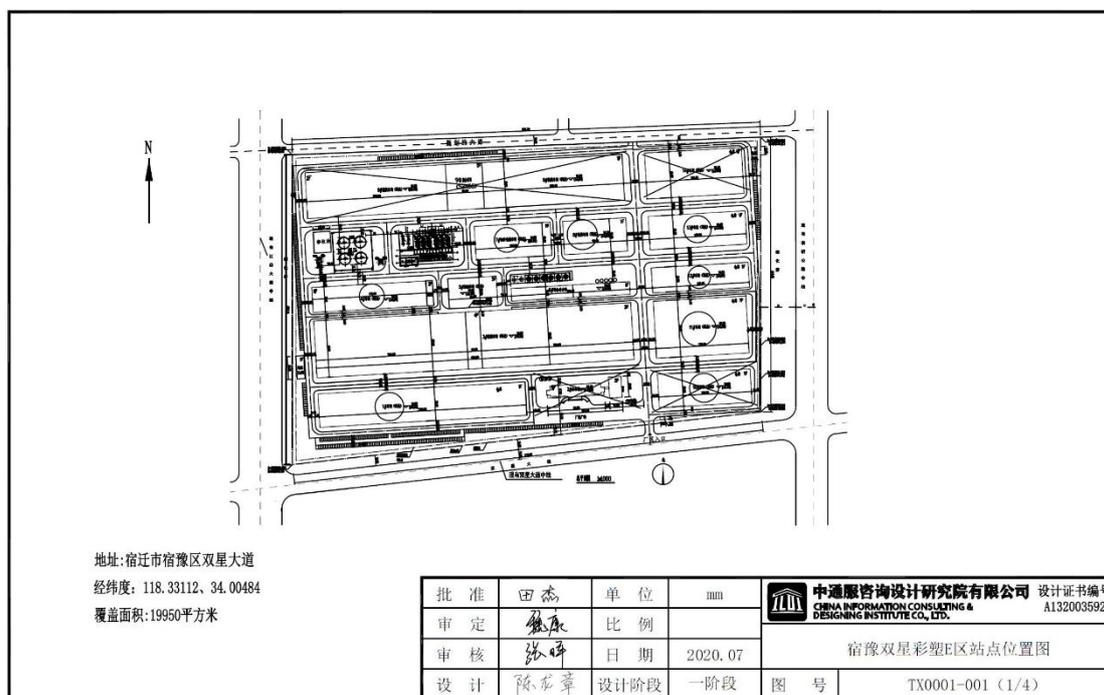


图 22-3 工程部署图

经过现场信号测试，经过评估，本次规划新建 2 个宏站。在双星彩塑 E 厂区临近的 2 个 4G 基站的铁塔和机房资源的基础上，新建 5G SA 基站。具体位置如下：



图 22-3 部署鸟瞰

### 2.3.2 5G UPF 和传输功能设计

根据 5G 网络的时延和带宽需求，MEC（UPF）和传输 SPN 均

部署在彩塑 E 厂区机房。具体设备组网如下：

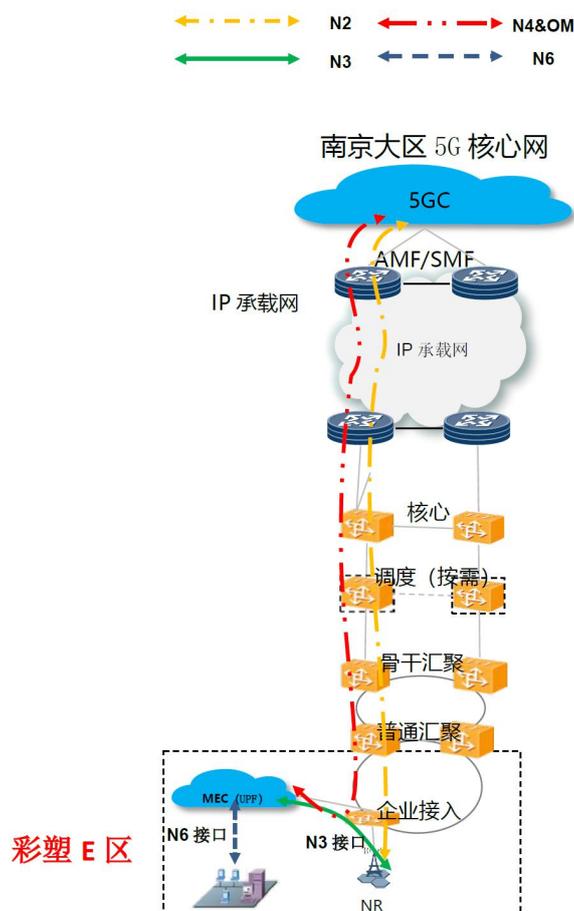


图 22-4 组网架构

组网拓扑描述如下：

1) 搭建端到端 SPN 目标网，5G SA 站接入接入层 SPN 设备，通过区县接入、汇聚、骨干汇聚到地市核心。

2) N2 接口（基站到 AMF）路径：基站—城域 SPN—IP 承载网—南京大区 5GC，端到端 L3 网络，不同网络间采用物理口字型双归对接。

3) N3 接口（基站到 UPF）路径：基站—城域 SPN—核心 MEC (UPF)。

4) N4&OM 接口（UPF 到 SMF）路径：MEC (UPF) —城域

SPN—IP 承载网—南京大区 5GC，端到端 L3 网络，不同网络间采用物理口字型双归对接。

5) N6 接口 (UPF 到园区数据中心) 路径: MEC (UPF) — 园区网络直连。

该组网方案特点:

1) MEC 下沉园区园区, 用户访问自身服务器流量 (N3&N6) 全部在园区园区内部完成, 符合园区信息安全需求, 业务路径时延最小。

2) 端到端全部为 SPN 设备, 可采用独立转发分片, 同现网业务隔离, 设备转发时延最小。

## 2.4 安全及可靠性

双星彩塑 5G 专网使用的核心网为中国移动华东大区专用 5G2B 正式商用核心网, 和中国移动 5G2C 核心网完全独立, 可以保障行业客户和公众客户的信令面和用户面流量均进行完全隔离。核心网 UPF 设备 SUQSXCSUPFm001CZX 直接下沉到用户厂区, 和 MEC 服务器部署在同一个机房, 既可以最大限度降低端到端时延, 又可以保证用户面 N3 接口所有流量不出厂区, 符合用户信息安全需求。

双星彩塑无线网中的 5G SA 室分基站直接部署在厂区内部, 为客户专用, 而且相比电信联通的 3.5GHz, 移动采用 2.6GHz, 频段更低, 覆盖能力更强, 2.6GHz 的下行覆盖能力约为电信联通 3.5GHz 的 1.2-1.3 倍, 同时穿透覆盖能力也更强。移动还有 160M 4.9G 频段, 能够支持更高的并发业务、更快的速率或更多的用户。

双星彩塑从终端到服务器的端到端网络采用专门的 5G 网络切片，具体为“SST=0x80,SD=0X287090”，以及专有的 DNN，具体为“CMIOT5GSXCS.JS”，可以提供带宽时延等可靠性保障，提供特定网络能力的、端到端的逻辑专用网络，服务于特定的商业目的或客户。

### 3 实施效果

5G 网络建成交付使用后，双星彩塑园区在能源消耗、生产成本、生产效率上都得到了质的提升。

#### 3.1 能耗管理

彩塑园区利用 5G 网络无线覆盖能力，对园区 200 多个能源表点位安装 5G 网关，接入能源在线监测及分析系统，对产线的燃气和用电情况基本实现了实时在线监测，控制能源消耗，避免人为原因导致能源被浪费，月均节省园区能源 10% 以上。同时，对比之前老网络，新网络还省去了专职人员对各个能源表位的抄录，在系统中实现了各用能的分析及费用统计等功能，同步完成了将系统的生产和销售数据进行可视化展现在 3D 大屏上，也为园区领导的决策提供了实时数据支撑，图 22-5 为能耗综合统计界面、图 22-6 为可视化管理界面。

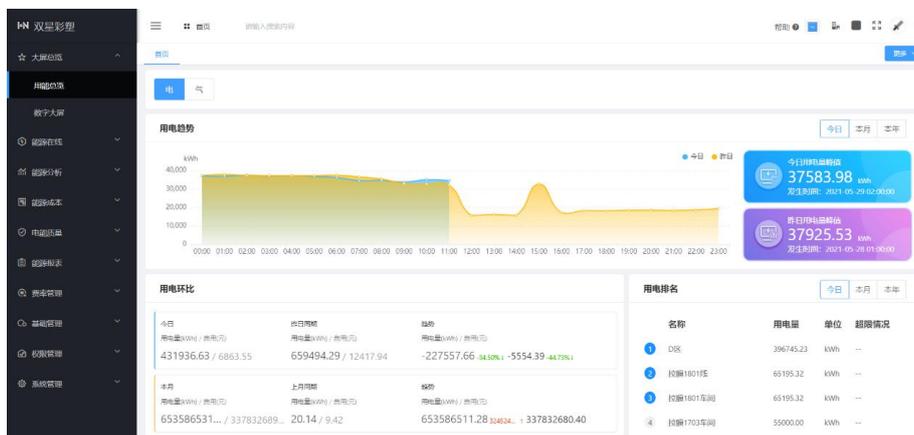


图 22-5 电能消耗趋势



图 22-6 综合能耗可视化管理界面

### 3.2 生产成本、生产效率

通过对双星彩塑园区 5G 专网的打造，园区智慧化的建设有了建设的基础，MES、WMS 软件系统和 AGV 小车、仓库机械臂等硬件搭配使用帮助园区生产流程快速运转，仓库、生产线等生产环节节省人力成本高达 25%，以前仓库人挤人的情况得到了一举改善。园区网络机器维护人员由原先四个班组减至两个班组，生产车间的网络故障事件数量减少 50%，整体提高了生产效率。同时，针对园区硬件很多，硬件状态及管理难以管理，园区利用 5G 广连接的特性，全连接园区硬件设备，采集其生产状态。双星园区以 5G 专网为基础支撑，应用信息化、智能化软硬件系统，在提升生产效率的同时，年生成成本可节约 3000 万元左右。图 22-7 为设备管理可视化界面。



图 22-7 设备检测可视化界面

### 3.3 园区管理、发展战略

双星彩塑工业园区在此次 5G 专网建设后对智慧动态、产业服务、产业发展和发展规划上有一个全面的突破，让园区实现的低碳运行、运行全过程控制、信息资源深度开发和价值最大化等管理模式升级。通过信息化数据的支撑，打造一个高效率、高转化的智慧园区信息化服务管理平台，进一步推动园区新材料战略产业发展，得到了广大客户一致认可。图 22-8 为园区管理可视化界面，包含综合能耗、产品销售情况、产品生产情况等信息。



图 22-8 园区整体情况可视化管理



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