

1 海尔 5G 全连接工厂测试床

1.1 引言/导读

5G 边缘计算、网络切片构建网络基础，支撑人工智能等新技术在工业领域的应用和落地。同时形成 5G 全链接工厂的建设标准，指导与规范示范项目的推广与应用。该测试床运用 5G、网络切片、MEC 边缘计算构建可视化运维的 5G 虚拟专网，依托 COSMOPlat 和边缘计算平台优势和最新 5G 终端，测试 5G 各性能在海尔工厂多场景的验证。

1.2 关键词

5G 全连接工厂

1.3 测试床项目承接主体

1.3.1 发起公司和主要联系人联系方式

卡奥斯工业智能研究院（青岛）有限公司

青岛海尔洗涤电器有限公司

石均 手机：13553091038 电子邮箱：shijun.gt@haier.com

通信地址：青岛市黄岛区团结路青岛海尔洗涤电器有限公司 266426

1.3.2 合作公司

1.4 测试床项目目标

5G 作为移动通信的最新一代技术，相比光纤固网，具备接入灵活的特点，更能适配新时代定制化生产的柔性制造的需求，其低时延、高可靠等特性，对工业生产的稳定性需求能有更好的保障，5G+边缘计算可以解决工业互联网在网络融合、业务融合、数据融合、数据安全、隐私保护等方面的需求，使得无线技术应用于工业设备实时数据采集、控制、远程维护及调度、图像智能处理等领域成为可能。目前，5G 相对于有线和 Wi-Fi 的关系并不是替代，而是对特殊场景的补充和增益，如应用于 AGV、AR 终端、机器人、无人车等移动性场景，以及光纤不易覆盖的户外场景。可满足人、物、机等各要素之间全连接，实现泛在深度互联和个性化定制，通过重塑传统产业发展模式，使行业变得更加数字化、网络化、智能化。

应用方面，围绕工业制造园区的生产、办公、园区管理等方面落地可复制、可推广的场景，采用人工智能技术进行分析处理，例如基于 5G 的机器视觉 DIY 自订阅应用场景、基于 5G 的 AR 远程验货和设备运维指导场景、基于 5G 的智能安防管理等。

网络方面，建设智慧工业园区 5G 行业专网，通过网络切片、边缘计算等 5G 关键技术满足园区网络需求，并通过部署 5G 专网运营平台实现网络可视可管。

平台方面，卡奥斯工业互联网平台与 5G 边缘计算的结合实现端、边、云

协同，实现应用从平台到边缘的一键快速部署。

终端方面，多方联合研发推出“5G 工业相机设备”、“5G 超级上行 DY1”等 5G 工业终端设备，实现 5G 模组内置于工业设备中，满足规模化推广应用要求。

同时，依托本项目在 5G 网络覆盖、生产要素联网、IT/OT 融合的技术创新及相关应用，仪综所编制 5G 全连接工厂相关的技术标准与应用规范，沉淀技术并促进规范 5G 全连接工厂在全国范围的推广应用。

1.5 测试床方案架构

1.5.1 测试床应用场景

已应用的 5G+工业互 联网典型 应用场景	研发设计类： ☒ 协同研发设计 生产制造类： ☐ 远程设备操控 ☒ 柔性生产制造 检测和监测类： ☒ 机器视觉质检 ☒ 设备预测维护 物流运输类： ☒ 厂区智能物流 服务管理类： ☒ 生产过程溯源 其他：（上述未包含的场景请在此填写） ☐ 无	☐ 生产单元模拟 ☒ 设备协同作业 ☒ 现场辅助装配 ☒ 工艺合规校验 ☒ 无人智能巡检 ☐ 厂区智能理货 ☒ 生产能效管控	☐ 精准动态作业 ☒ 虚拟现场服务 ☒ 设备故障诊断 ☒ 生产现场监测 ☒ 全域物流监测 ☐ 企业协同合作
拟建设的 5G+工业互 联网典型 应用场景	研发设计类： ☐ 协同研发设计 生产制造类： ☒ 远程设备操控 ☐ 柔性生产制造 检测和监测类： ☐ 机器视觉质检 ☐ 设备预测维护 物流运输类： ☐ 厂区智能物流 服务管理类： ☐ 生产过程溯源	☐ 生产单元模拟 ☐ 设备协同作业 ☐ 现场辅助装配 ☐ 工艺合规校验 ☐ 无人智能巡检 ☐ 厂区智能理货 ☐ 生产能效管控	☐ 精准动态作业 ☐ 虚拟现场服务 ☐ 设备故障诊断 ☐ 生产现场监测 ☐ 全域物流监测 ☐ 企业协同合作

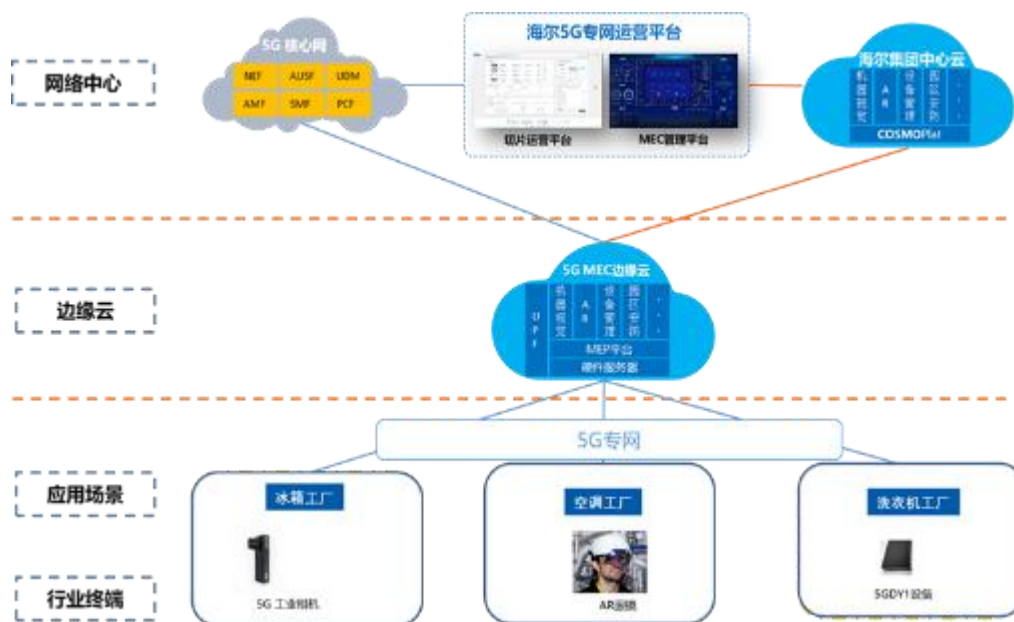
其他：（上述未包含的场景请在此填写）

1.5.2 测试床架构

5G 全连接工厂架构参考工业互联网体系架构 2.0 实施架构部分，融合家电行业实践经验绘制而成，包括场景、平台、网络、终端 4 大创新体系，基本功能包括全要素互联，全流程数字化连接，平台化共享等功能。为了验证以上体系架构，构建了 5G 行业虚拟专网，在 MEC 上搭建了 5G 边缘计算公共服务平台，在 MEC 和平台上部署了 AR、数采、机器视觉、智能安防等多个应用系统及 IOT 一体化管控数字中台。整过验证过程分为四步，验证 5G 全连接工厂在场景、平台、网络、终端四个层面上功能效果。



本项目运用 5G、网络切片、MEC 边缘计算构建可视化运维的 5G 虚拟专网，解决传统园区对于网络方面的诸多痛点，为工厂 5G 应用场景提供 5G 网络支撑和服务。



1.6 测试床方案

1.6.1 5G 全连接工厂架构验证

1) 场景验证

中德滚筒工厂采用 AI+5G 技术部署的多个场景让互联工厂人机料法环测全要素互联互通，主要连接人员（如生产人员、精益人员、信息化人员、外部供应商等）、机器（如注塑机、机器人）、材料（如原材料、半成品等）、环境（如噪

音检测设备、VOC 检测设备), 保证实时性、非实时性数据端到端可靠稳定传输。数据通过设备层网络传输, 与 MEC 互联, 支撑工厂内的业务应用, 构建更强的制造能力, 支撑更灵活的数字化决策, 实现复杂多场景相互协同。

2) 平台验证

构建基于 5G 边缘计算的公共服务平台, 实现了跨行业跨领域的资源共享和算法调用。已经在海尔内部冰箱工厂、滚筒洗衣机互联工厂实践, 通过公共服务能力实现服装、能源等跨行业赋能。

3) 网络验证

推进 5G 与边缘计算、网络切片的融合。将 MEC、UPF 从运营商的机房下沉到海尔园区内, 实现了算法上移到 MEC, 满足了数据不出厂和部分场景对于高可靠性低时延的要求。并且满足了满足不同业务场景对网络的差异化需求及业务隔离要求。

4) 终端验证

结合应用场景对网络的需求差异化以及应用价值, 卡奥斯与国内优势资源联合研发内嵌 5G 模组的工业终端, 让 5G 工业互联网场景应用更稳定可靠, 也满足了规模化复制推广的要求。智研院发布的 5G+wifi6 工业网关, 实现了一台设备三网服务, 同时结合安全加密技术保障了设备接入、数据传输的安全。

1.6.2 工厂内 5G 网络部署方案验证

1.基础网络

1) 5G 基础网络规划建设

中德滚筒工厂根据实际业务需求, 规划并建设完成 1 个 5G 宏基站, 3 个 5G 微站和 54 个 PRRU 新型室分站点。PRRU 站点主要分布在副厂房、主厂房的 1F 和主厂房的 3F 区域, 满足各区域对于 5G 网络的覆盖需求。

2) 测试验证方法:

a . RSRP（信号接收强度）测试，在插有无线网卡的笔记本电脑上运行专用测试软件，在目标覆盖区域内进行 RSRP 测试。

b . 网络速率测试，使用 speedtest（测速软件）在覆盖区域内，测试上下行速率。

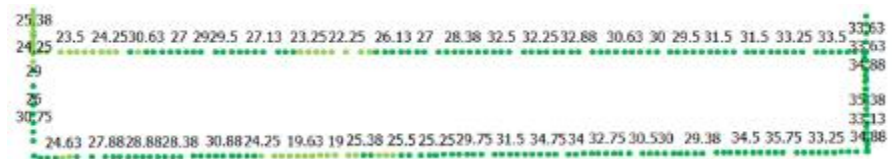
c . SINR（信噪比）测试，在插有无线网卡的笔记本电脑上运行专用测试软件，在目标覆盖区域内进行 SINR 测试

3) 测试验证结果

RSRP:



SINR:



时延:



在主厂房 2F 总装 GEA 线体测试结论：

平均 RSRP -82.17 dBm, 平均 SINR 32.65dB 左右，下载速率最高为

731.65Mbps，上传速率最高为 139.8Mbps，时延为 12.85ms，业务区域覆盖率 100%，满足 5G 应用场景需求。

2.5G MEC 测试验证

MEC 建设情况

在中德滚筒工厂 1F 机房内部署一套华为 MEC 设备，与青岛集团总部 MEC 和智研院 MEC 通过专线互联互通，与海尔内网打通，满足用户对于互联网和海尔内网访问需求。详细情况如下：

- 滚筒工厂机房内部署华为 MEC 系统，包括对应的 MEC 服务器和 MEP 平台。
- 在 MEP 平台上以虚拟机的方式部署场景 SAAS 化平台。
- 为了确保网络安全，与海尔工厂私有网络对接时通过防火墙进行隔离。
- 为海尔工厂的 5G 终端 SIM 卡启用一个新的 APN，该 APN 不出公网及生产数据不出公网。
- 在 5G 基站到 MEC 之间建立 IPSec 的安全隧道来增强网络安全性
- 与 MEC 连接的 PTN 设备设置策略路由，所有业务数据流全部送入 MEC，MEC 对数据流分析，是 AR 或者机器视觉的业务，直接送到对应本地 APP 处理。



青岛海尔总部、中德滚筒工厂和智研院 MEC

1.6.3 5G 与厂内多种网络互联互通方案验证

海尔 5G 全连接工厂采用端边云一体化的解决方案：端侧形成标准化接口，实现 5G、NB-IoT、有线、WIFI 等多网络融合接入，实现终端设备接入、协议转换，保证现场设备“即插即用”；多网络融合形成产线→车间→工厂→集团企业 4 层网络架构，下面从产线、车间、工厂、集团企业这四个层面的多网融合互联互通方案进行验证：

产线层中生产设备层面支持多种接入方式，可通过现场总线（如 Profibus、Modbus 等）、工业 PON、TSN 以及 5G、WIFI6 等无线技术构建家电生产新型网络基础，实现 IT/OT 的融合。实现了家电生产全要素互联互通，数据通过设备层网络传输，与边缘层应用服务器互联，支撑工厂内的业务应用。

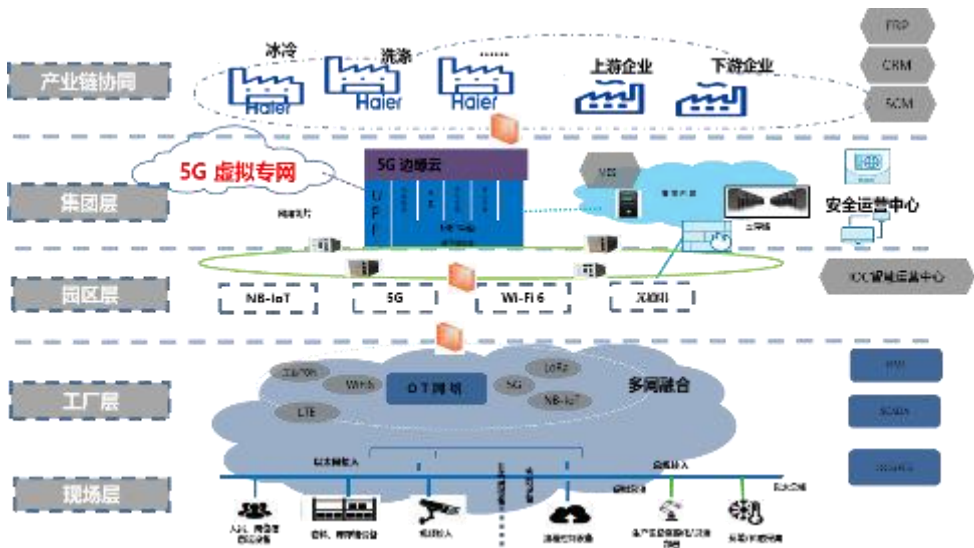
车间侧网络为解决不同协议、端口的海量终端的数据采集，采用基于标准协议兼容的边缘智能网关，在保障家电生产现场设备物理连接的同时，实现协议转换和互联互通。另一方面家电生产过程中 SCADA、MES 等系统对于网络可靠性、稳定性要求较高，在靠近家电生产设备或数据源头的网络边缘侧进行数据预处理、存储以及智能分析应用，提升操作响应灵敏度、消除网络堵塞，并与云端数据分析形成协同。边缘层的互联互通打破数据孤岛，支撑工厂生产数据、产品数据在系统间的传输和互操作。

在工厂层统一规划建设企业级“虚拟专网”，主要可选择工业以太网、WIFI、5G 虚拟专网、NB-IoT 等，实现企业园区网络与集团数据中心的互联互通，5G 行业虚拟专网与传统网络的互联互通，网络时延在 20ms 以内。适用于远程控制、数据采集等场景。利用 NB-IoT 网络实现对制造设备的实时监控、故障检测和诊断、预测性维护、整体设备效率、质量检测、能耗管理等。

集团企业层根据自身业务需要形成多层级多网融合，依托丰富的云网资源，云端应用共享、业务决策，共性和常用数据的存储和调用共享，算法优化、决策，使企业提高资源配置效率、降低信息化建设和维护成本，满足第三方 APP 兼容。卡奥斯与 5G 边缘计算的结合实现端、边、云协同，双方结合后可以帮助 5G 快速发展行业生态应用，同时还能降低企业的专线带宽压力。

实践验证海尔多网融合互联的方案主要有 5 方面优势：

- 打破数据孤岛，工厂生产数据、产品数据系统间的传输和互操作
- 冗余链路研究，异地产业园区的数据可靠传输
- 异地产业园区与集团互联互通的确定性
- 虚拟专网与内网融合，基于场景的网络切片研究
- 设备上云、研究工厂与云平台之间的数据传输的可靠性、确定性



图：多网融合在现场→工厂→园区→集团→产业链 5 层网络架构

1.6.4 人、机、料、法、环、测等生产要素全连接方案及连接率验证

从工业制造来说，人机料法环测不同场景对于网络的速率、时延、安全性的差异化要求各不相同，比如机器视觉对于回传的速率要求很高，设备控制对于网络速率要求并不高，要求的是控制信号的确定性。数据采集分析，要求的是数据

准确无误，同时数据安全必须保障。海尔 5G 全连接工厂满足工业生产全要素“人、机、料、法、环、测” 互联，达到“万物互联”；差异化场景对于网络的速率、时延、干扰等需求不同，联合运营商共同完成各应用场景连接性测试，对于 5G 应用场景同步完成《海尔智慧园区 5G 专网评测报告》。

对行为感知场景使用情况举例验证：智慧行为感知是基于 AI 及 MEC 边缘云计算人工智能技术，通过对场内工人生产动作进行数字化建模，同时对节拍、工步、轨迹进行分析。对动作进行实时监控，纠正校准，实现操作工艺和检验工艺执行 100%一致性。



1.6.5 5G 网络连接的生产要素方案及连接率验证

海尔 5G 全连接工厂对标工信部“十大场景”转换 60+项重点应用场景任务，形成平台化场景方案，沉淀自身 5G 工业互联网集成能力，为行业提供的集成应用解决方案。

1.6.6 通过 5G 技术进行数据采集方案验证

在数据采集方面，利用5G企业专网，实现百万工业设备实时感知、动态控制，设备数据模型（生产数据、运行状态、运行参数）动态实时获取。

通过将现场已有或新增计量设备接入到5G网关，网关对接计量设备协议，实时采集计量数据，通过5G室分+下沉本地的UPF本地流量卸载能力（5G企业专网），将数据导出至企业本地部署的MEC边缘DC。MEC部署应用管理平台进行本地数据统计分析，反馈到现场侧进行平台数据展现。企业内网交换机通过专线连接MEC，企业用户可通过企业局域网访问管理平台进行管理数据查看。

中德滚筒5G智慧工厂综合能耗管理平台项目主要担当使能如下：

生产能耗计量的数据采集、数据清洗、数据导出、数据存储以及历史原始数据追溯查看能力；

计量数据实时\历史展现、实时\历史告警、告警阈值配置、产线班组配置、计量数据分类/分组统计分析和查询。

可视化统计，包括平台首页大屏宏观统计数据图形展现，告警统计展现等。

平台具备租户管理能力、用户分权分级能力、数据接口开放能力。便于后续租户/用户管理以及企业信息扁平化管理。针对中德滚筒生产能耗关键数据，企业领导关心数据进行重点分析和展现。包括水、电、气用能的统计分析，产线/班组用能统计排名，用能告警统计，用能占比分析，整体用能趋势以及分时统计，能耗总览等。

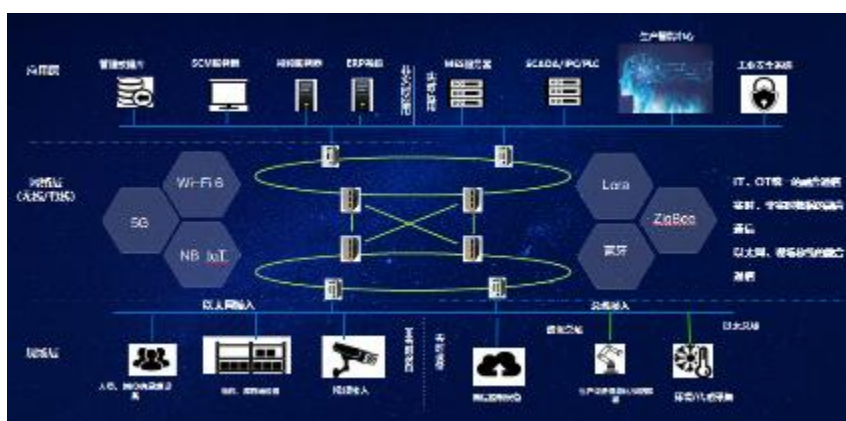


通过能耗平台的多维度分析，全年节省约 23% 的用电量，23% 的耗水量，18% 的用气量，为工厂的降本增效提供了有力支撑。

1.6.7 5G 全连接工厂 IT/OT 融合架构验证

5G 全连接工厂 IT/OT 深度融合是加快推进家电制造智能化的重要前提。工厂聚焦感知、控制、决策、执行环节的装备智能化升级，推进工艺、技术和装备的网络、系统和数据的深度融合。提升现场感知和数据传输能力，实现全要素、全产业链有效集成和管理。下面从网络、系统和数据这三方面进行 IT/OT 融合架构的验证。

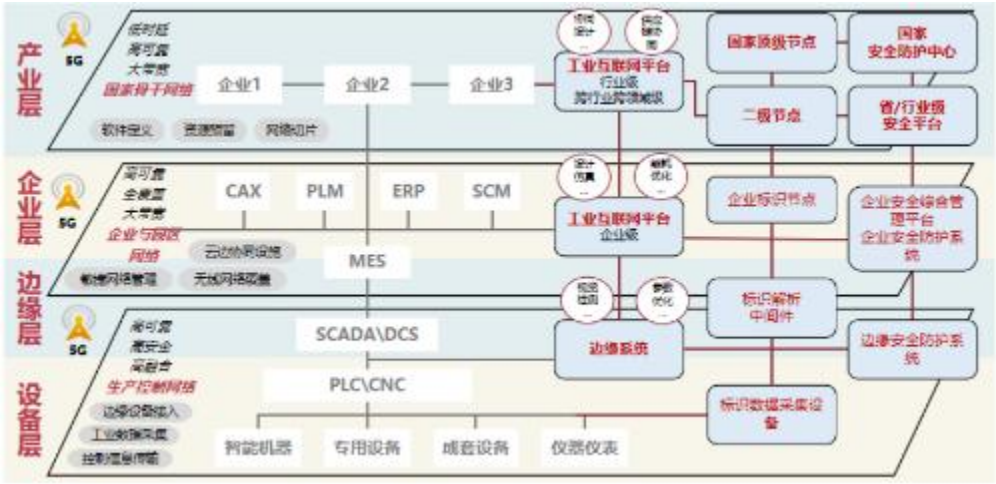
(1) IT/OT 网络融合验证



在工厂内网络侧，构建了多网融合的高质量工业互联网网络体系，以 5G 为基础构建家电行业虚拟专网，融合有线网络、WIFI、NB-IoT 等网络类型实现 IT/OT 融合，结合边缘计算、网络切片技术解决传统网络的工业性能和可靠性不稳定痛点，提升家电制造过程的生产效率、提高生产质量等。5G 等新型网络基础促进工业数据的汇聚、融合,解决产业链协同问题。

(2) IT/OT 系统融合验证

家电行业作为离散型制造业，为保证订单、生产、库存的匹配，实现信息化系统间融合调用是发展必然。由此工厂从自身业务出发，打通各个工序，统一规划建设“虚拟专网”，建设企业骨干网，采用核心层、汇聚层、接入层的网络架构，

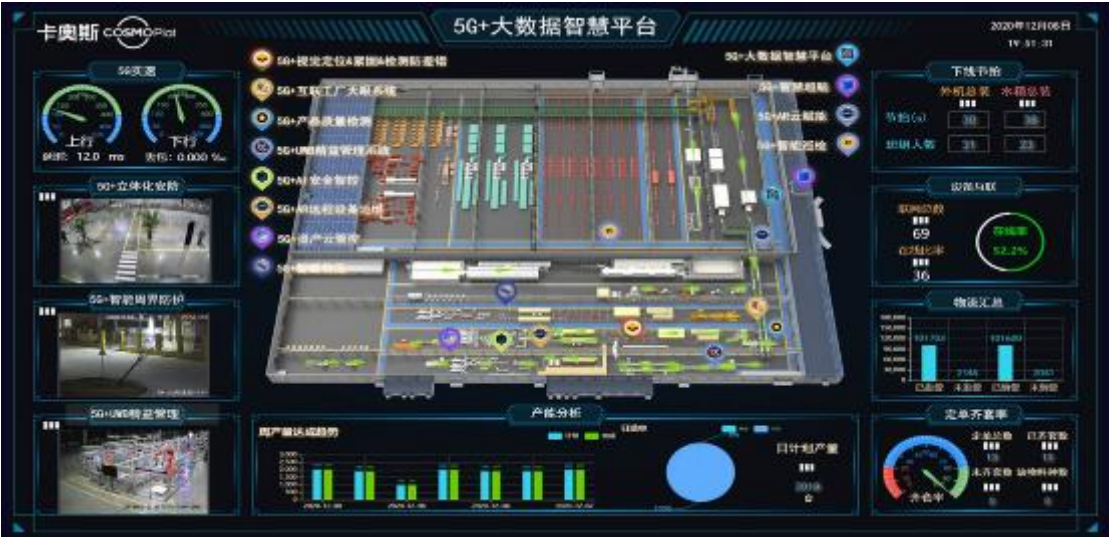


实现工厂园区网络与集团数据中心的互联互通。

(3) IT/OT 数据互通验证

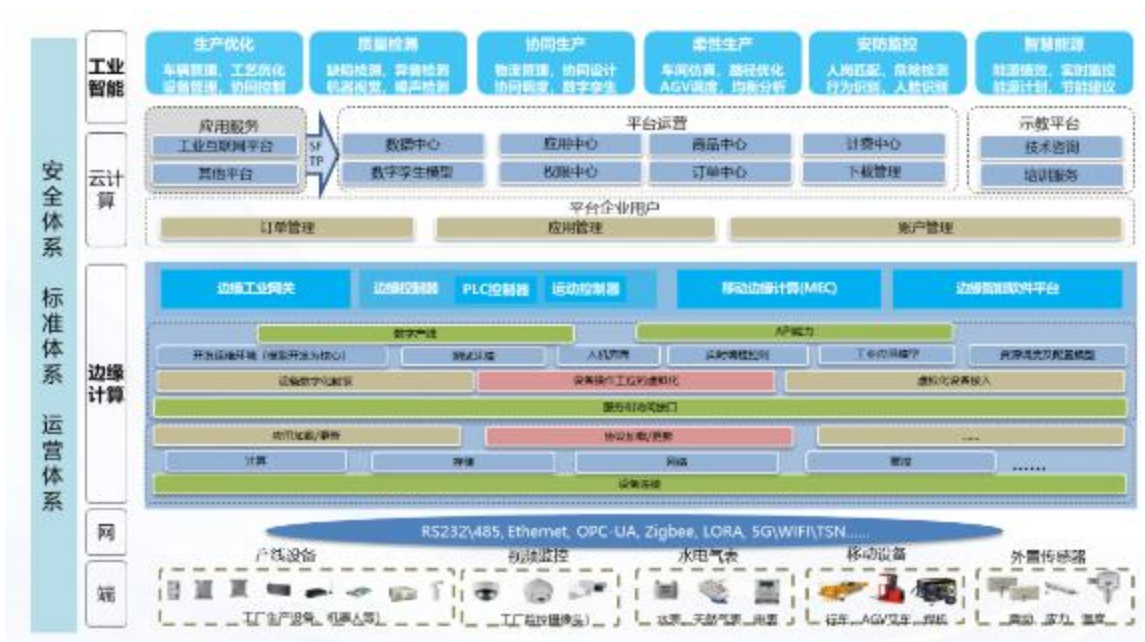
为实现产业链、价值链资源合理配置，促进工业数据的汇聚、融合,解决产业链协同问题，保证家电行业生产过程优化、生产质量管理、故障预测性维护、产品售后服务等环节的协同。数据通过设备层网络传输，与边缘层应用服务器互

联，支撑工厂内的业务应用。边缘侧网络为解决不同协议、端口的海量终端的数据采集，采用基于标准协议兼容的边缘智能网关，在保障家电生产现场设备物理连接的同时，实现协议转换和互联互通。另一方面家电生产过程中 SCADA、MES 等系统对于网络可靠性、稳定性要求较高，在靠近家电生产设备或数据源头的网络边缘侧进行数据预处理、存储以及智能分析应用，提升操作响应灵敏度、消除网络堵塞，并与云端数据分析形成协同。边缘层的互联互通打破数据孤岛，支撑工厂生产数据、产品数据在系统间的传输和互操作。



1.6.8 边缘计算系统建设及应用方案验证。

方案采用平台+应用的分布式架构，基于高内聚、低耦合、易扩展、服务化的设计原则，基于去中心化的框架提供应用服务。软件结构分层设计，各层遵从开放标准独立部署。采用Web前后端分离的技术架构，灵活快速支撑多端业务创新迭代。在5G网络中分层部署边缘计算的应用，按照不同业务的需求实现端



到端网络服务。为用户提供最佳的、基于服务等级协议的QoS保障。边缘计算系统包括终端，网络，边缘计算平台，其应用方案验证如下：

端：为解决不同协议、端口的海量终端的数据采集，终端采用基于标准协议兼容的边缘智能网关，在保障家电生产现场设备物理连接的同时，实现协议转换和互联互通。终端的互联互通打破数据孤岛，支撑工厂生产数据、产品数据在系统间的传输和互操作。

网：家电生产设备层面支持多种接入方式，可通过现场总线（如 Profibus、Modbus 等）、工业 PON、TSN 以及 5G、WIFI6 等无线技术构建家电生产新型网络基础，采用核心层、汇聚层、接入层的网络架构，实现企业园区网络与集团数据中心的互联互通，保证 ERP、MES、SCM 等业务系统的云边协同，企业信息网

络延伸到生产网络实现 IT/OT 融合。数据通过设备层网络传输，与边缘层应用服务器互联，支撑工厂内的业务应用。

边缘计算平台：平台可提供 API 调用、享有示教、开发、测试、SaaS 应用和边缘应用 APP 下载等服务；平台内存储大量“5G+边缘计算”的应用模板和行业解决方案，可应对不同场景需求，提供技术咨询和培训服务，帮助企业完成数字化积累，实现生产调度的优化、生产设备的实时监控诊断和设备的预测性维护等功能。

1.6.9 工业互联网信息模型应用方案验证

(1) 5G 全连接测试床的信息需求

随着企业数字化转型的逐步推进，数字化生产车间与智能工厂作为主要的实施载体，存在大量的异构设备与信息，不同设备的生产厂家的设备接口协议标准不同，系统难以相互兼容，例如：机器人手眼协同、数采、视觉检测设备、音频检测设备、远程交互设备、生产单元控制系统等。不同设备与系统间存在相互操作需求，由于不同接口不同协议的存在，例如：lora、wifi、Modbus、Profibus、串口、蓝牙等，实现设备系统互联互通，需要投入大量的人力、物力、财力等成本。当前 5G+全连接测试床在这一方向取得了初步成果，形成了一套体系化的解决方案。

(2) 信息处理

机器人手眼协同如：四码合一、数控机床等，由若干部件、不同的物理属性及各项操作组成，各个部件又可以包含若干子部件，若干子部件又包含多个物理属性。可以通过定义相关的信息模型元素来对生产过程中的各个设施、装备、系统、变量等进行抽象与表述。构建 5G+全连接测试床信息模型可以为全工厂的设备、

系统互联互通相互操作配合、打破数据孤岛、“烟囱化”提供理论基础。

(3) 典型应用

以全连接测试床中视觉检测信息作为例，快速集成的信息模型可以实现多信息系统间交互，具体步骤如下：

- 以建模规则构建外观检测线信息模型；
- 输出外观检测设备、流水线、待检设备信息模型XML描述文件；
- 以外观检测线信息模型XML描述文件为输入，信息模型加载器对其进行解析；
- 构建信息模型后的外观检测线可以被SCADA、MES、WMS等系统访问。

(4) 信息模型

5G 全连接测试床信息模型如下图所示，在该信息模型中，标识表现为设备 ID，属性元素是信息模型元素的基本单元，属性由一系列属性元素组成，属性集由属性和子属性集及基础属性组成，属性集分为静态属性集和动态属性集，下属有不同系统进行划分，不同系统又包含不同的基础属性。5G 全连接测试场的一系列场景和场景组件共同组成信息模型的类和子类，服务集信息模型元素是多个服务不同场景的集合。

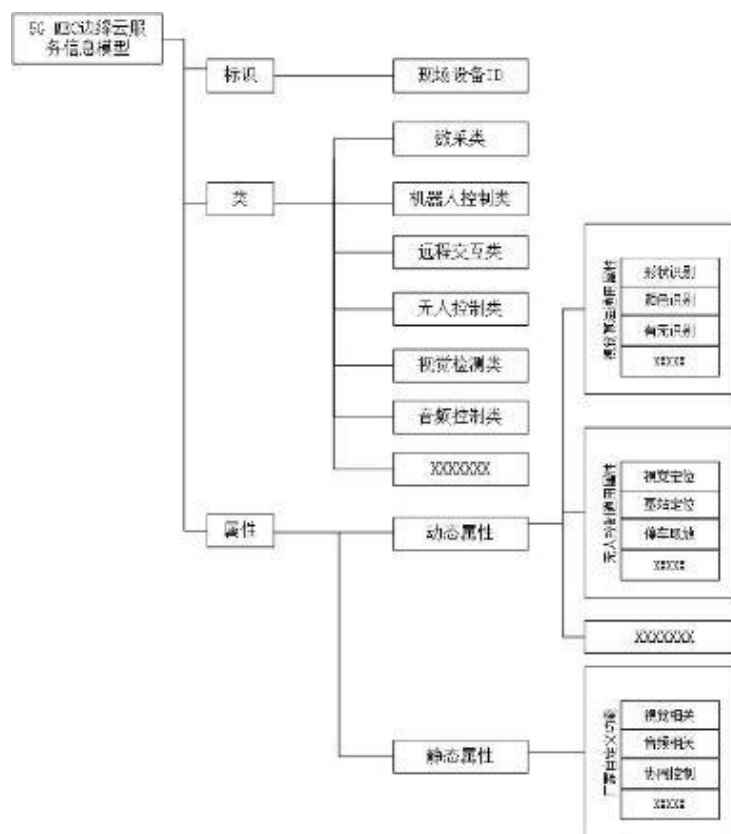


图 海尔 5G MEC 边缘云服务信息模型

1.6.10 5G+工业互联网典型应用场景实施方案验证

5G 全连接测试床是将 5G、边缘计算等新兴信息技术和 VR、AR、数字孪生、机器视觉、原生定位、无源物联等新兴技术相结合，不断优化生产过程和多要素相互配置，实现产品优质、高效、柔性、绿色的生产制造。这将提高工业生产的灵活性、可追溯性、多功能性和生产效率，为制造业开辟新的商业模式。

近些年，海尔中德滚筒工厂全面开展智能工厂建设，包括现有工厂局部智能化改造、数字化制造能力提升、全场数据互联打破数据烟囱化、数据孤岛，目前已经步入落地应用实践阶段。基于全连接测试床建设，多场景模块化，多种技术沉淀。

以下是 5G+工业互联网典型场景的一些建设项目：

智慧天眼：以 5G+AI 深度学习、MEC 边缘云计算技术为依托，基于现有视频流，实现厂内“人、机、环”实时监测、异常报警、信息推送，从事后追责变事前主动预防，确保工厂安全 5 个 0 目标达成。

- 人员管理：100%人员受控，0顶岗；
- 灵活部署：灵活调整，哪里需要搬哪里；周期1天→1小时；施工网线减少100+米；
- 共享平台：与安防平台融合，低成本+高效管理。



作业感知：以生产岗位人员的操作动作切入，解决因操作动作出现问题导致的质量事故，同时对节拍、工步、轨迹有分析能力，对工人工作流程步骤进行解析，分析无效动作及有效动作，不断优化生产步骤，优化改良生产作业规范过程，有效提升了工人工作效率的同时降低了工人的工作量。



智慧月台：针对月台发货环节，以 5G+AI 深度学习、MEC 边缘云计算技术为依托，通过加装 5G 摄像头，实现发货全流程智能检测、自动拍照留存，以降低物流环节质量损失。同时可对安全绳，安全装置进行 AI 检测，确保员工生



命安全，自应用以来，事故发生率 0%。

AR 应用：包括 AR 首件质检、远程协作和巡检等场景应用。利用 5G AI+AR 技术 AR 首件封样，实现了实时大数据、全过程、云储存，质检效率大幅提升，通过 AR 作业指导书的方式指导检验人员进行精准检测，检验周期由原来的 2 个

小时缩短到 1 小时左右, 检测过程可实时回传留存在 MEC 上, 5G 网络解决了 WIFI 传输不稳定、干扰大的问题。另一方面当生产现场出现问题, 可通过 AR 呼叫远程专家进行“零距离”指导, 专家可将指导信息、设备操作说明书、图纸、文件等也可以通过 5G 网络实时同步到现场 AR 终端, 指导现场维修或装配人员, 装配效率、维修效率大大提升。



机器视觉：5G+机器视觉应用后，网线辫子没了，工控机取消，工业现场实现轻量化部署，部署周期由原来的 1 个月缩短到 1 周；算法上移到 MEC 可以根据各场景实际处理情况统一配置计算能力，实现数据、算法的多工位共享，整体投资降低约 40%，同时输入样本量大，也保证了检测算法的不断优化，质量检测准确率也大大提升。



图 机器视觉质量检测实施应用

智慧驾驶舱：物联网作为连接人、机、料、法、环、测等多业务元素，通过 5G 数据传输快、传输量大等特点可满足串联制造过程中各个环节的需求，最终汇集对接形成全要素可视化的 5G 智慧驾驶舱。



1.6.11 工厂内安全方案验证

5G 工业互联网安全态势感知提供各种角度的态势可视化分析，帮助客户快速了解安全状况并进行决策。现阶段系统有八大态势，包括综合安全态势、网络资产态势、资产漏洞态势、工业威胁态势、异常行为态势、工业主机安全态势、安全管理态势、关键资产安全态势。同时提供可配置化的告警响应弹框。

我们的工业安全态势感知系统已经对中德园区工厂的 500 多台工业主机和 5G 终端提供安全防护，通过关联卡奥斯工业主机安全防护系统，为工业主机提供关卡式病毒拦截&白名单管控的全方位网络安全防护，解决工业主机“裸奔”、带“病”运行、运维困难的痛点。通过部署在工厂网络内的工业威胁探测器，我们可以实时监测工厂内的，我们可以实时监测到工厂资产所受到的威胁信息，输出

风险评估和分析报告，协助工厂完善网络安全防护体系。截止目前，态势感知平台已经为中德园区完成了一万多次漏洞防御，主要是永恒之蓝漏洞，处理了二百多次威胁告警，主要为各类勒索病毒。

态势感知平台可对整个园区的安全数据实现关联分析，实现安全从被动防御到主动防御的转变，实现工业互联网全链条安全可感、可控、可防。平台通过安全态势感运营中心



实时监测工厂的安全威胁和漏洞，及时解决安全问题，规避安全损失，保障了中德 5G+全连接工厂的生产网络安全。

1.6.12 方案自主研发性、创新性及先进性

项目基于 5G、工业互联网的发展现状，构建围绕场景、平台、网络、终端、生态 5 大创新体系，支撑 5G 工业互联网融合。

(1) 场景创新

采用 AI+5G 技术让互联工厂人机料法环测全要素互联互通，构建更强的制造能力，支撑更灵活的数字化决策，实现复杂多场景相互协同。

(2) 平台创新

构建基于 5G 边缘计算的公共服务平台，实现跨行业跨领域的资源共享和算法调用。项目在海尔内部冰箱工厂、滚筒洗衣机互联工厂实践，通过公共服务能力实现服装、能源等跨行业赋能。

(3) 网络创新

推进 5G 与边缘计算、网络切片的融合。首次将 MEC、UPF 从运营商的机房下沉到海尔园区内，实现了算法上移到 MEC，满足了数据不出厂和部分场景对于高可靠性低时延的要求。网络切片满足不同业务场景对网络的差异化需求及业务隔离要求。

(4) 终端创新

结合应用场景对网络的需求差异化以及应用价值，卡奥斯与国内优势资源联合研发内嵌 5G 模组的工业终端，让 5G 工业互联网场景应用更稳定可靠，也满足了规模化复制推广的要求。智研院发布的 5G+wifi6 工业网关，实现了一台设备三网服务，同时结合安全加密技术保障了设备接入、数据传输的安全。

(5) 生态创新

2020 年，海尔、移动、华为签署协议，共建 5G 边缘计算联合创新基地深入研究 5G 工业互联网创新以及场景、产品的商业化复制推广。

1.7 测试床实施部署

1.7.1 测试床实施规划

1. 全连接工厂建设方案

该项目运用 5G、网络切片、MEC 边缘计算构建可视化运维的 5G 虚拟专网，依托 COSMOPlat 和边缘计算平台优势和最新 5G 终端完成整个项目方案的落地。

应用方面，围绕工业制造园区的生产、办公、园区管理等方面落地可复制、可推广的场景，采用人工智能技术进行分析处理，例如基于 5G 的机器视觉 DIY 自订阅应用场景、基于 5G 的 AR 远程验货和设备运维指导场景、基于 5G 的智能安防管理等。

网络方面，建设智慧工业园区 5G 行业专网，通过网络切片、边缘计算等 5G 关键技术满足园区网络需求，并通过部署 5G 专网运营平台实现网络可视可管。

平台方面，卡奥斯工业互联网平台与 5G 边缘计算的结合实现端、边、云协同，实现应用从平台到边缘的一键快速部署。

终端方面，多方联合研发推出“5G 工业相机设备”、“5G 超级上行 DY1”等 5G 工业终端设备，实现 5G 模组内置于工业设备中，满足规模化推广应用要求。

2. 5G网络覆盖方案及实施内容

建设一张虚拟 5G 专网，与传统工业内网互联互通，形成混合虚拟专网。项目从需求共性出发，挖掘通用性形成平台化能力，向“面”推广扩展，以达到多点复用、实际工业需求的多点接入平台化应用从车间的终端到网络接入、本地园区的应用、异地园区的应用等都可以实现端到端的安全和高可靠性的 5G 网络连接。

(1) 建设一张覆盖整个工厂的 5G 网络，满足生产设备的大连接、广覆盖，实现设备随时随地的移动接入；

(2) 利用 MEC 边缘计算平台为车间提供一个数据不出园区虚拟专网，满足生产可靠性和边缘计算能力要求；

(3) MEC 可以将生产过程数据的传输范围控制在企业工厂内，满足生产数据安全性要求。

本项目通过 5G+MEC 为行业用户打造“5G 行业虚拟专网”；

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

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

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

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

网络切片帮助海尔将工业园区内一张物理网络划分为端到端、按需定制和网络服务可保障的逻辑网络，让海尔不同应用场景的业务数据有序地走不同的网络通道。

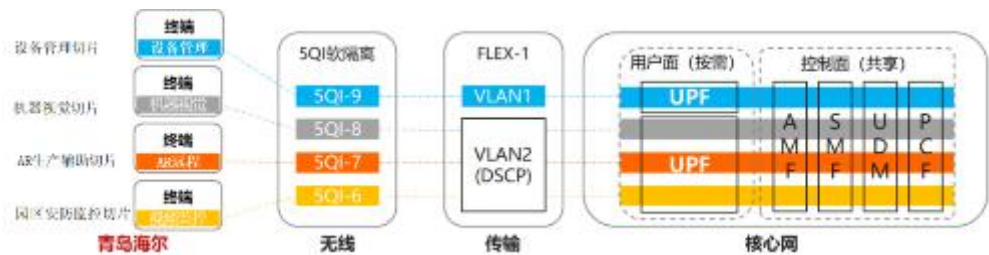


图 切片虚拟专网建设

- 业务安全隔离：实现海尔工厂生产数据与非生产数据，以及各应用场景之间业务数据安全隔离性的要求，确保数据安全。
- 网络服务保障：满足海尔工厂机器视觉，设备管理等重要应

用场景超级上行，超低时延的定制化网络需求，保障网络关键性能指标。

3. IT/OT融合方案及实施

基础网络及 MEC 扩展化（1→3→N）

网络上，为青岛地区工厂建设一张虚拟 5G 专网，从车间的终端到网络接入、本地园区的应用、异地园区的应用等都可以实现端到端的安全和高可靠性的 5G 网络连接，覆盖青岛海尔崂山园区、黄岛中德产业园、黄岛海尔工业园等 7 个园区、9 个互联工厂、2 个智能物流仓。

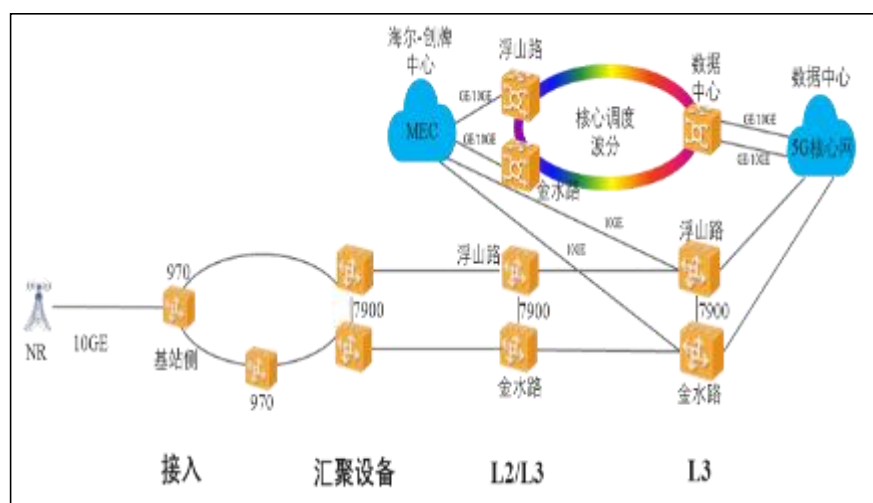


图 基础网络及 MEC 扩展化

同时通过专线将 MEC 和海尔集团的私有云进行连接，满足互联网访问需求。

目前与海尔集团内网打通，可在青岛各园区接入 MEC 设备。

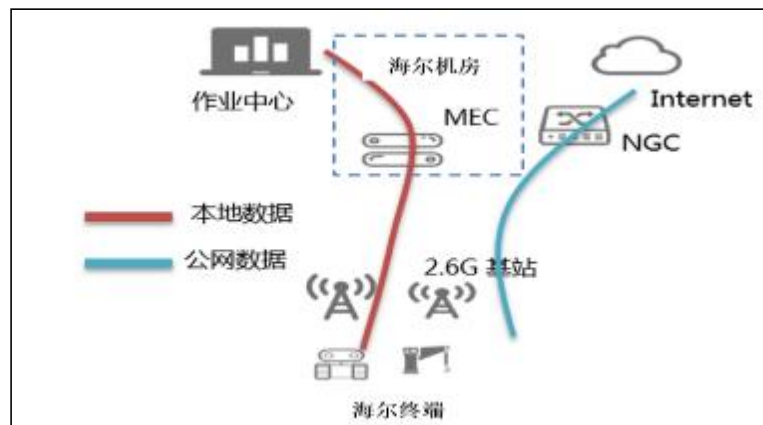
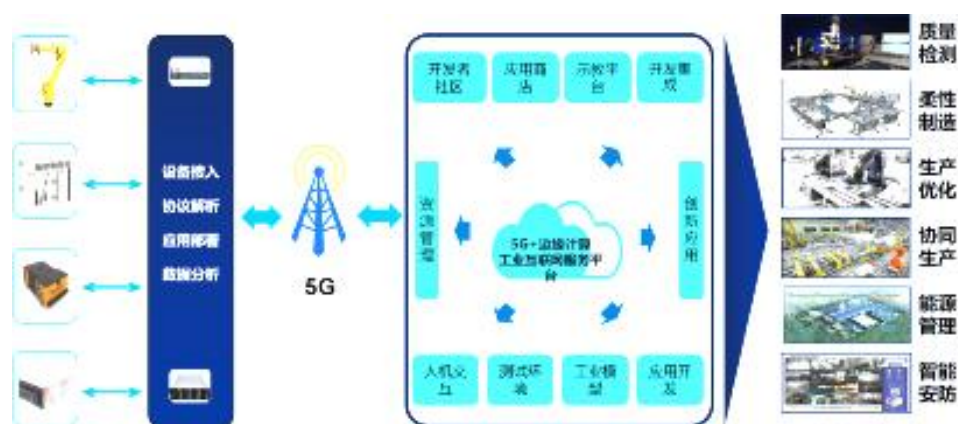


图 MEC 海尔内部应用

端、边、云一体化（云边协同）

工厂部署了大量传感数采、工业视觉、AGV 等前端设备以及对数据采集集中处理的边缘设备，对于工业云而言相当于引入了大量的边缘节点及边缘设备，都在云端处理压力大。为保证场景能力的沉淀以及场景快速部署，将场景的通用需求形成平台化能力，可通过云平台快速部署到边缘 MEC 上。



依托 5G+边缘计算和卡奥斯工业互联网平台，

图 7 端、边、云一体化

借助大带宽、低时延、多连接的 5G 网络，卡奥斯与 5G 边缘计算的结合实现端、边、云协同，双方结合后可以帮助 5G 快速发展行业生态应用，同时还能降低企业的专线带宽压力。将云端计算能力延伸到靠近终端设备边缘节点处，将云计算、大数据、人工智能的优势延伸至更靠近设备的（MEC）边缘计算上；在边缘节点引入容器、函数计算对边缘应用进行统一化运维管理，同时提供边缘节点离线自治能力及云边的数据、安全、智能协同，打造端、边、云一体化的协同计算体系。

场景平台化部署（点→面）

相对于之前的单点样板，当前项目场景都从需求共性出发，挖掘通用性形成平台化能力，向“面”推广扩展，以达到多点复用、实际工业需求的多点接入平台化应用。

截至 2021 年 8 月底，项目已完成“5G 机器视觉应用创新平台”“5G 视频监控应用创新平台”和“5G AR 应用创新平台”三个平台及 5G AR 工业头显等终端设备的孵化，完成了从单点场景到平台化应用的转变。

4. 5G+机器视觉场景实施

5G MEC+机器视觉方案在海尔实现冰箱门体检测，主要实现间隙测量、OCR 识别、破损检测等功能。通过电信级的安全性和 MEC 保障数据不出园区的功能，提高企业数据和行业厂商的 APP 安全性；



图 机器视觉平台化部署架构图

现场安装 5G 工业相机，相机将门体照片上传至 MEC 端，MEC 侧运行搭载尺寸测量，瑕疵检测，部件完整性检测，MEC 处理结果反馈至工序自动化端，完成工序指定的外观尺寸是否达标，表面划痕和脏污次品剔除，部件缺失提示。

1.7.2 测试床实施的技术支撑及保障措施

为保障本测试床按时并且高质量地完成任务，项目内部建立起一系列管理机制为本项目实施提供坚实技术保障，具体如下：

- 1) 建立项目组织机构：项目成立由专业负责人组成的项目组织实施工作小组，主要负责5G全连接工厂项目各模块的任务分配、项目立项、项目方案、技术可行性等论证把关工作；协调并处理项目各模块任务执行过程中出现的有关问题。
- 2) 健全项目参与管理责任制：实行子项目负责人制，各项目具体负责人子项目的条件保障、具体实施和日常管理工作，按照要求编制项目实施计划、计划执行情况等信息资料，并及时报至项目组织单位。
- 3) 健全项目管理协调机制：项目管理协调机制主要包括项目实施控制、进度控制、质量控制、成果管理和例会制度等方面。
- 4) 加强进度控制管理：进度控制就是要在规定的时间内制定出合理、经济的进度计划。然后在该计划的执行过程中，检查实际进度是否与进度计划相一致，

若出现偏差，便要及时找出原因，采取必要的补救措施。如有必要，则还要调整原进度计划，从而保证项目按时完成。

- 5) 增强风险控制管理：风险控制着重从技术风险、管理分析、人员风险、财务风险等几个方面来考虑，做好风险分析，并制定可行的应急方案和解决方案。
- 6) 改进项目文档管理
- 7) 健全过程与结果并重管理机制
- 8) 形成向项目组汇报管理机制

1.8 测试床预期成果

1.8.1 测试床的商业价值、经济效益

智慧园区市场需求及容量分析

从集团内，海尔在重庆、合肥、天津等地建设自己的专有工业园区，共在国内建设了 12 个园区 45 家工厂。在全球有 25 个工业园一共 130+工厂，这些工厂的智慧化改造将依托本项目的研究成果进行复制。



图 海尔工厂的可复制性智慧化改造

海尔集团在全球一共有 25 个工业园一共 130+ 工厂。这些工厂的智慧化改造将依托本项目的研究成果进行复制。



图 海尔全球工厂布局

商业推广规模

2022 年实现了 5G 应用场景在工厂用得上到用得好的转变。目前该项目已从海尔的中德园区复制到胶州、胶南、青岛、黄岛、郑州等园区。项目到目前为

止重点推进 12 家工厂（9 重点+3 布局），场景 60+。

1.8.2 测试床的社会价值

本测试床在全国工业互联网行业领域内具有很高的示范作用和可复制性，有效带动 5G、网络切片、边缘计算、工业应用开发等产业发展，有效提升智慧园区的整体网络化水平，带来广泛的社会效益。

主要体现在四个层面：

- 实施将大力推进 5G、工业物联网等新基建进度，支撑制造强国、网络强国建设；
- 本项目促进工业互联网“5G+边缘计算+网络切片”在行业的应用落地，带动产业发展，推动行业转型升级具有重要意义；
- 为工业互联网平台 SaaS 应用提供广阔的市场机遇；
- 本项目的实施能够建立健全 5G 工业互联网平台标准体系，促进行业标准化发展。

1.9 测试床成果交付

1.9.1 测试床可复制性

测试床运用 5G、网络切片、MEC 边缘计算相结合建设 5G 行业虚拟专网，依托 COSMOPlat 和 5G 边缘计算平台相融合解决当前传统园区对于网络、平台、应用、终端的诸多痛点。相比较于 2019 年的单点创新、2020 年的园区应用，项目已实

现跨区域复制，从海尔的中德园区复制到胶州、胶南、青岛、黄岛、郑州等园区，重点推进 9 家工厂（6 重点+3 布局），已落地场景 60+，并已具备平台型对内复制对外推广的服务能力。