



标题：基于大规模定制的智能+5G 验证测试平台

引言/导读

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

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

一、关键词

大规模定制、工业智能、5G、MEC

二、测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

青岛海尔智能制造研究院 技术总监 石恒 shiheng@haier.com

2.2. 合作公司

中国信息通信研究院

基于大规模定制的智能+5G 验证测试平台

中国移动通信集团有限公司

中国联合网络通信集团有限公司

中国电信集团有限公司

华为技术有限公司

清华大学

同济大学

杭州汇萃智能科技有限公司

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

图 1 项目合作职责

三、测试床项目目标

1、 目标

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

2、 概述

智能制造是《中国制造 2025》重点实施工程之一，发展智能制造是推动中国制造业由大变强的根本途径。新一代信息技术如人工智能、大数据、工业互联网、5G、MEC（Multi-access Edge Computing）等与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革，形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。智能+5G 大规模定制验证测试平台

以家电制造行业为基础，并在 COSMOPlat 平台的支撑下进行跨行业复制，万物互联的智能制造无疑将为其带来极大程度的革新。

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

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

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

3) 生产车间的网络安全性要求高，当前的 WiFi 无法满足需求。目前的 WiFi 网络安全性比较低，服务器只根据发送数据的用户 IP 进行识别，未对用户身份进行合法性校验。在同一子网的 WiFi 环境下，攻击者可以很容易通过 ARP 扫描，探测到其他上网设备的 IP 和 MAC 地址进行攻击，轻易的造成大面积断网。

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

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

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

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

四、测试床方案架构

4.1. 测试床架构

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

基于大规模定制的智能+5G 验证测试平台

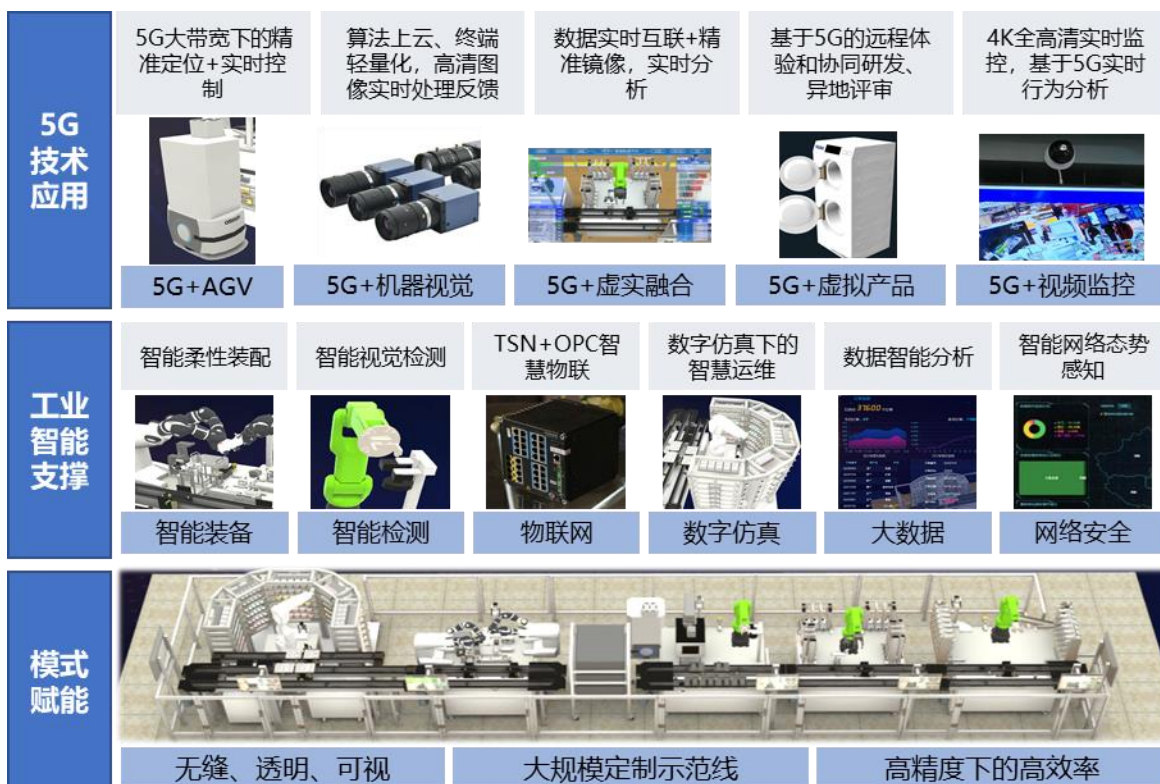
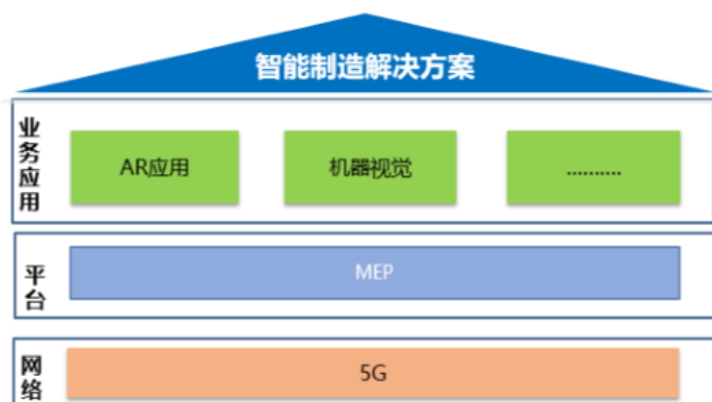


图 2 解决方案架构

4.2. 测试床方案

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



以下从网络层、平台层、应用层分别介绍测试床,

1. 网络层

5G 网络广覆盖，实现万物互联，满足生产设备/移动终端的高可靠性连接要求。

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

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

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

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

2. 平台层

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

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

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

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

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

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

3. 应用层

(1) 5G 赋能 AR 技术在工厂应用

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

AR 平台功能包括以下几个部分：

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

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

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

(2) 5G 助力机器视觉在工业检测应用

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

1) 通过覆盖 5G 网络，机器视觉系统实现以移代固。

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

2) 基于 5G 虚拟专网和万物互联部署，机器视觉系统实时远程监测功能。

依托 5G 高速率、大连接特性，不用进车间即可通过移动终端和便携终端监视 MES 系统，获取视觉检测系统的运行状态（正常运行时间，有效运行时间，故障原因），生产报

表（生产数量，生产良品率），方便工厂设备管理人员、技术人员对视觉检测系统提出参数优化方案（如公差控制，检测关键点控制）、生产设备提出整改优化方案（如生产设备运行指标优化，工作环境优化）。

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

4.3. 方案自主研发性、创新性及先进性

1、技术创新性

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

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

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

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

2、商业模式创新性

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

（2）创造互利共赢的运营模式，企业参与 5G 网络的建设和运营；

（3）实现端边云协同互操作，应用及核心算法上云，实现降本增效。

3、应用创新性

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

1) 网络连接可靠：

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

2) 网络体验好：

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

3) 安全性高：

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

4) 极简部署：

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

5) 极简运维：

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

先进性：

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

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

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

4、智能+5G 大规模定制验证测试平台在应用场景方面的先进性体现在：

1) 智能+5G+AR 的应用

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

2) 智能+5G+机器视觉的应用

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

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

五、测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

智能+5G 大规模定制验证测试平台的建设应用，为企业新技术的应用提供了先行先试的平台，降低了企业技术升级的试错成本和门槛。结合之前的粗放式技术升级，经智能

+5G 大规模定制验证测试平台测试验证后的技术升级，可以为工厂节约 35%以上的升级成本。

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

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

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

AR 依托 5G 的 MEC 渲染平台通过云化渲染技术，在保证视频码流稳定传输和高精度图像显示的前提下，降低了对 AR 头显终端硬件计算能力的要求，既降低了硬件的成本，同时使 AR 眼镜更轻便，使 AR 消费门槛下降 70~80%。从而解决了当前 AR 市场的功耗大待机时间端、图像不清晰等问题。为 AR 在工业中的普及提供了基本条件。

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

基于大规模定制的智能+5G 验证测试平台

人工费用 $5*5000*12$ 月=30 万/年。后续推广到其它的互联工厂，合计节省培训费用 $35*30$ 万=1140 万。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

- (1) 输出 5G 应用的解决方案和软硬件产品
- (2) 对外复制验证测试平台，形成模块化产品
- (3) 网络传输效率提升 85%，准确性提升 20 倍
- (4) 终端轻量化，成本降低 60%
- (5) 远程运维和协同研发人力成本节省 30%

6.3. 测试床的社会价值

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



图 5 专家高度认可

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

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

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

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

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

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

六、测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

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

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

(1) 5G 模组集成后的应用落地

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

（2）单点应用向“集群”转移

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

（3）继续坚持开放性

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

（4）5G 网络安全方面

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

7.2. 测试床成果验证方案

测试床以解决解决各产业共性问题为目标，测试床输出多项 5G 应用解决方案，并在行业有成熟应用，同时交付相关专利软著和测试报告；平台测试的 7 类技术在工厂落地 25 个场景，所有 5G 技术通过平台的测试验证，能够大幅提高生产效率和产品质量；



(1) 建立 5G 实验基地

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

(2) 实施智能视觉检测项目

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

(3) 基于 5G 技术的安防管理平台

为了加强工厂的安全管控，尤其是对人员的管控，利用 5G 技术，将安防管理平台放在 MEC 边缘端，使用 AR\Pad 等设备完成安防人脸识别或工夫识别等，对车间内人员，包

含内、外、不明人员，可迅速发现可以人员，预警报警。另外也可自动识别安全帽佩戴，异常报警提示。

(4) 基于 5G 的 AR 远程协作系统

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

七、测试床成果交付

9.1. 测试床可复制性

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

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

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

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

9.2. 测试床开放性

1、 技术开放性

终端接入 5G 网络：

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

平台开放性：

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

计划开放性：

已规划 2020 年 Q1 完成基于 5G 模组的场景验证测试。

2、 生态开放性

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

八、 其他信息

10.1. 测试床使用者

海尔集团以及各产业，并将成熟方案对外推广。

10.2. 测试床知识产权说明

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

10.3. 测试床运营及访问使用

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

10.4. 测试床资金

预估资金 850 万元，自筹

10.5. 测试床时间轴

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

10.6. 附加信息

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