

“5G+智慧工厂”来袭， 上海烟草机械焕发新活力

上海烟草机械为上海传统的机械制造企业，近年来也逐步开展了智能制造探索，但是工厂在生产、售后运维及数据安全等方面均遇到一定困难。针对客户问题，中国移动（上海）产业研究院利用 5G 高带宽、低时延的特点，提供端到端解决方案，实现了 AGV 机器人无线控制、5G 数字孪生产线、5G+AR 维修、高精度室内定位等业务。

一、项目概况

1. 项目背景

上海烟草机械为上海传统的机械制造企业，近年来逐步开展了智能制造探索，但是工厂在生产、售后运维及数据安全等方面均遇到一定困难。一是 AGV 机器人基本通过 WiFi 进行控制信号和数据传输，存在着 WiFi 信号同频干扰、漫游切换易掉线（重连）、覆盖死角等问题。二是作为一家设备制造商，上海烟机在传统的售后模式中，需要工程师上门检测设备，加上上海烟草机械的设备遍布全国，存在售后周期长、成本高、响应速度慢的问题。三是制造型企业的核心生产数据可以说是企业中最重要的一部分，在过去海量数据不能得到有效的保存，存在着数据安全问题。

2. 项目简介

5G 具备更低的时延，更高的速率，更好的业务体验，有感知泛在、连接泛

在、智能泛在的特点。利用 5G 技术让制造型企业快速提高生产力，破解 5G 在垂直行业应用发展的难题，中国移动（上海）产业研究院致力于工业互联网平台建设，开展工业及能源领域平台及端到端解决方案研发，打造上海烟机 5G+离散制造业的示范项目，实现了 AGV 机器人无线控制、5G 数字孪生产线、5G+AR 维修、高精度室内定位等业务，未来还将部署 5G+边缘计算、5G+CPS 实现自然导航的人机协作移动机器人应用等业务。

3. 项目目标

通过 5G 实现工厂多设备、多车间统一管理，统一运维，安全隔离，从而带来巨大的经济效益。

一方面，使用 5G 替代局域网走线，减少现场有线组网的建设难度和管理难度，大幅降低了走线布设的成本和后期运维的难度。

另一方面，降低用工成本，提高生产效率。5G+机器人的应用可以实现工厂无人化，不仅降低了人员的成本，而且提高了操作的规范性，现场生产的安全性。将所有生产步骤程序化，提高了生产的效率。

最终，通过 5G 在智能工厂的应用探索出智能工厂的新业务、新业态和新模式，推动行业制造技术进步，为 5G 在其他行业的垂直应用提供典范，给社会经济与生活带来革命性的影响。

二、项目实施概况

1. 总体网络架构和具体场景

（1）总体网络架构

针对 5G 网络改造，原则上充分利用现有站址、传输、管线、动力资源，进行网络部署，5G 网络部署原则参考中国移动集团规模组网建设原则。

上海烟草机械工业及能源领域平台及端到端解决方案选取上海烟草机械西厂区的智能车间进行业务的示范测试，整体网络布设方案采取 5G BBU+皮基站（pRRU）的形式。5G 基站的 BBU 安装在东厂区，通过光纤接入西厂区的第一个 RHUB，第一个 RHUB 负责了 AGV 活动区域的 7 台 pRRU，同时串联了第二台 RHUB，也就是 ZB415 区域的两台

pRRU，并对各项应用的重点活动区域做了网络优化，5G 网络拓扑如图 1。

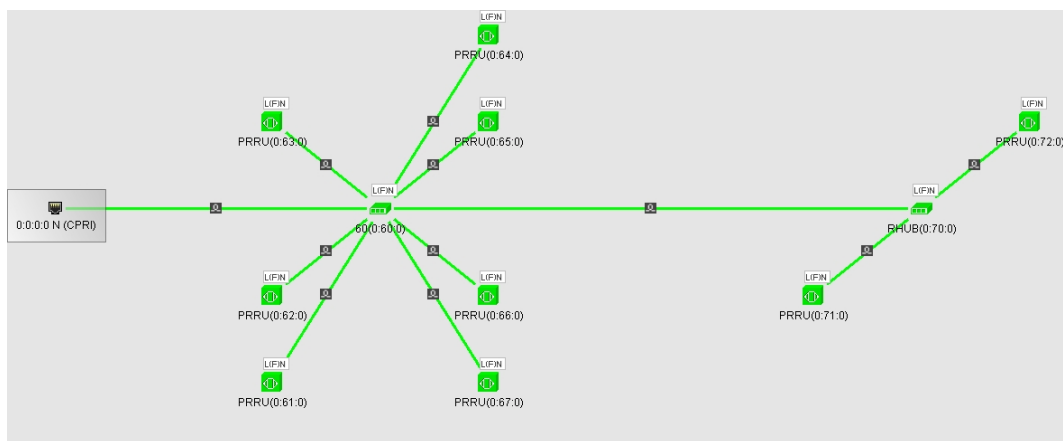


图 1 上海烟机车间 5G 网络拓扑图

(2) AGV 机器人无线控制

在设备侧,AGV 机器人改用 5G 网络取代 WiFi 组网。利用 5G 网络实现 MES 服务器与车间 AGV 机器人的实时通信, MES 服务器可通过 AGV 机器人对现场的物料实现智能调度。同时,利用 5G 网络大带宽、低时延、抗干扰性强的优势,技术人员可对 AGV 机器人及生产线进行指令实时下达和操控,完成对 AGV 机器人和生产线的精准远程管控。



图 2 上海烟草机械 5G 智慧工厂 AGV 机器人

(3) 5G 数字孪生产线

ZB415 烟机产线由主机加辅机组成,体积庞大。该智能机组内置超过 400 个采集点位,每个点位的数据采集频率均为毫秒级。因此系统每秒会产生海量的数据,要将这些数据实时的传输到数字孪生系统中就需要 5G 网络大带宽的加持,

通过数字孪生系统对机组的运行状态进行远程的控制，如开机、停机、复位、包装速度调整等。5G网络的低时延、高可靠性确保了这些控制指令下发的实时性和可靠性。当机组某一个零部件出现故障时，数字孪生系统会通过布置在机组内部的传感器检测到该零件，并立即在系统内进行报警；同时会联动监控摄像头定位到出现故障的零部件的位置，并放大监控画面以便于控制中心的专家进行进一步的故障诊断和确认。



图 3 5G 数字孪生系统及实景

(4) 5G+AR 辅助维修

通过 AR 技术，在设备出现故障时，远程的维修工程师可通过 AR 眼镜或者手机、平板上的摄像头看到设备的故障情况，并通过 AR 眼镜或者平板的显示器对设备附近的工人进行维修作业指导，从而减少了工程师出差前往设备现场的人力成本，也减少了烟机的维修时间。

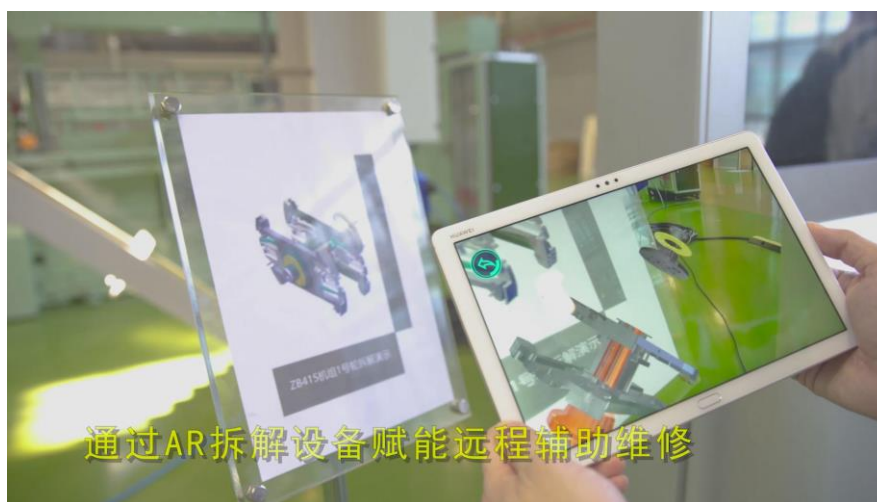


图 4 5G+AR 辅助维修

(5) 高精度室内定位

通过 UWB 高精度实时定位首先能直观地显示货物托盘的精准位置，方便现场原材料的管理和监督，同时通过位置信息形成各类软件应用方面的功能进一步

提升了管理和监督的便捷性、实时性和智能化，而基于长时间、大量位置数据形成的人员和托盘原材料位置、轨迹能作为工序效率提升的基础信息数据，为智慧工厂领域带来突破性的信息化变革。



图 5 室内高精度定位工厂

2. 安全及可靠性

工业互联网由于涉及到工厂内和工厂外的网络体系建设，因此其安全体系主要从工业和互联网两个方面来构建。从工业视角考虑，安全的重点是保障智能化生产的连续性、可靠性，关注智能装备、工业控制设备及系统的安全；从互联网视角考虑，安全主要保障个性化定制、网络化协同以及服务化延伸等工业互联网应用的安全运行以提供持续的服务能力，防止重要数据的泄露，重点关注工业应用安全、网络安全、工业数据安全以及智能产品的服务安全。因此，本项目依据工业互联网产业联盟发布的《工业互联网安全架构》，构建工业互联网安全保障体系总体框架，如下图所示，具体包括设备安全、网络安全、控制安全、应用安全和数据安全等五大重点。

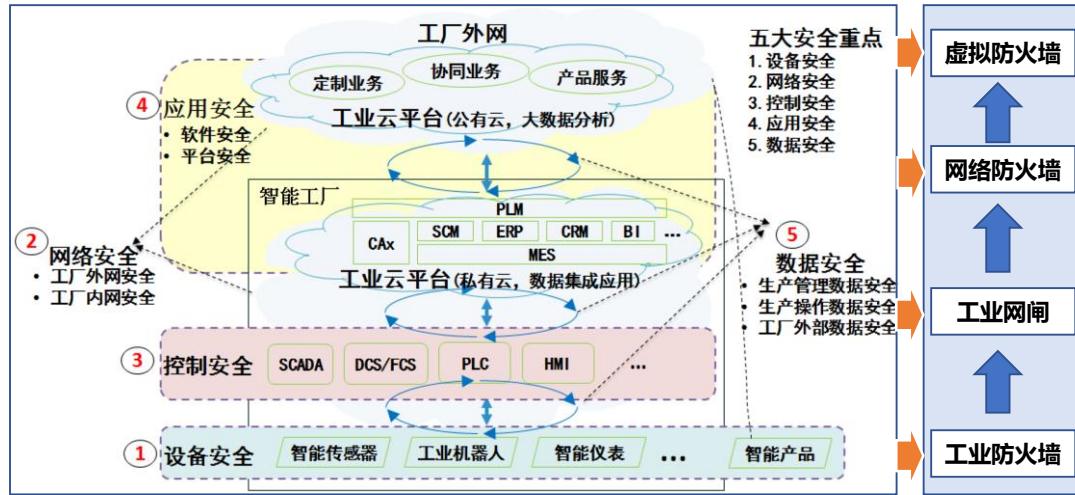


图 6 工业互联网安全解决方案总体框架

本项目中的工业互联网安全解决方案覆盖安全技术防护的全场景，涵盖了工业产品的设计研发、生产制造、后期运维服务等阶段，重点聚焦工业控制层面、内网层面和互联网云平台等多个层面，重点构建了工业防火墙、工业隔离系统（工业网闸）、网络防火墙和虚拟防火墙等工业安全产品或解决方案，实现融合网络结构优化、边界安全防护、接入认证、通信内容防护、通信设备防护、安全监测审计等多种防护措施，构筑立体化的网络安全防护体系。

三、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

通过 5G 实现工厂多设备、多车间统一管理，统一运维，安全隔离，能够带来巨大的经济效益。

一方面，减少现场有线组网的建设难度和管理难度，使用 5G 替代工厂局域网，大幅降低了走线布设的成本和后期运维的难度。另一方面，降低用工成本，提高生产效率。5G+机器人的应用可以实现工厂无人化，不仅降低了人员的成本，而且提高了操作的规范性，现场生产的安全性。将所有生产步骤程序化，提高了生产的效率。

最终，通过 5G 在智能工厂的应用探索出智能工厂的新业务、新业态和新模式，推动行业制造技术进步，为 5G 在其他行业的垂直应用提供典范，给社会经济与生活带来革命性的影响。

（1）率先实现 5G 在工业离散行业的应用

中国明确 5G 时代的引领战略，从 5G 国际标准到国内 5G 产业推动，我国在政策引领、研究布局和试验验证方面均处领先地位，因此有必要率先开展规模组网建设进行 5G 典型的业务验证，提升我国 5G 在国际上的影响力。本项目以工业离散行业为应用场景，迅速部署 5G 预商用网络，尽早开展真实环境下 5G 规模组网验证，探索 5G 网络规划、组网及优化理论方法，推动 5G 网络商业部署进程以及产业链成熟，完成典型业务场景的 5G 规模组网。

（2）部署 MEC 边缘计算，提升网络效率，支撑灵活行业应用

MEC 使得传统无线接入网具备了业务本地化和近距离部署的条件，从而提供了高带宽、低时延的传输能力，同时业务面下沉形成本地化部署，可以有效降低对网络回传带宽的要求和网络负荷。

另一方面，MEC 把无线网络和互联网技术两者有效融合在一起，并在无线网络侧增加计算、存储、处理等功能，构建了开放式平台以植入应用，并通过无线 API 开放无线网络与业务服务器之间的信息交互，对无线网络与业务进行融合，将传统的无线基站升级为智能化基站。面向业务层面，移动边缘计算可向行业提供定制化、差异化服务，进而提升网络利用效率和增值价值。

工业大企业客户对于通过运营商移动网络这类公网进行车间制造、控制管理等通信具有一定程度顾虑，而利用 MEC 技术可以完美地解决这个问题。在覆盖企业的网络基站处部署 MEC 边缘计算云，可实现将指定的内网通信进行旁路，直接终结在企业内部，而不再上传至运营商的核心网络，既提升了网络速度、降低了处理时延，也从物理网络上确保了企业内网的信息安全。

（3）实现示范模式创新

将 CPS 系统引入机床设备制造，实现生产工艺与信息系统融合，体现了生产模式从“集中型”到“分散型”的范式转变，将 5G 技术引入工业互联网，利用 5G 具备更低的时延，更高的速率，更好的业务体验，有感知泛在、连接泛在、智能泛在的特点，在信息物理融合系统 CPS 的支持下，实现了离散制造业生产设备网络化、生产数据可视化、生产文档无纸化、生产过程透明化、生产现场无人化等先进技术应用，做到纵向、横向和端到端的集成。



图 7 基于 CPS 的远程控制与故障检测

2. 实施效果

AGV 机器人改用网关加 5G CPE 的方式取代 WiFi，大幅提升生产效率，降低运维成本。

ZB415 包装机联网改造及视频监控组网，利用数字孪生系统提升远程故障定位可行性，有效提升了企业智能化，为企业降本增效。

上海烟草机械生产的烟机远销全国各地，通过 AR 拆解设备赋能远程辅助维修，无需专家出差到现场进行指导，且大幅提升售后效率，降低售后成本。

通过 UWB 技术对仓库内叉车及物料托盘进行高精度定位，实现物流仓储的自动化和智能化。

总体来说，通过对设备的 5G 网络改造，利用 5G 组网，打通了云端服务器与车间设备的实时通讯，云端服务器可通过设备对现场的物料实现智能调度。同时，利用移动 5G 网络抗干扰、低时延、大带宽的优势，技术人员可对设备及生产线进行指令实时下达和操控，完成对设备和生产线的精准远程管控。同时，设备的数字孪生系统中所有传感器的数据通过 5G 传输到云端服务器，设备及机械臂的所有动作实时的在数字模型中呈现，以 5G 的高带宽低时延特性，助力 CPS 系统的打造。