



中国 5G 垂直行业应用案例 2021



GSMA 代表全球移动运营商的共同权益。GSMA 在更广泛的全球移动生态系统中联结着 750 多家移动运营商，将近 400 家企业，其中包括手机与终端制造商、软件公司、设备供应商、互联网企业、以及相关行业组织。GSMA 每年在巴塞罗那，洛杉矶和上海举办业界领先的 MWC 大会，以及 Mobile 360 系列区域会议。

更多有关 GSMA 信息，请阅览 www.gsma.com

关注 Twitter : @GSMA

微信公众号 : GSMA_MWCS

中国信息通信研究院（以下简称“中国信通院”）始建于 1957 年，是工业和信息化部直属科研事业单位。多年来，中国信通院始终秉持“国家高端专业智库 产业创新发展平台”的发展定位和“厚德实学 兴业致远”的核心文化价值理念，在行业发展的重大战略、规划、政策、标准和测试认证等方面发挥了有力支撑作用，为我国通信业跨越式发展和信息技术产业创新壮大起到了重要推动作用。

近年来，适应经济社会发展的新形势新要求，围绕国家“网络强国”和“制造强国”新战略，中国信通院着力加强研究创新，在强化电信业和互联网研究优势的同时，不断扩展研究领域、提升研究深度，在 4G/5G、工业互联网、智能制造、移动互联网、物联网、车联网、未来网络、云计算、大数据、人工智能、虚拟现实 / 增强现实（VR/AR）、智能硬件、网络与信息安全等方面进行了深入研究与前瞻布局，在国家信息通信及信息化与工业化融合领域的战略和政策研究、技术创新、产业发展、安全保障等方面发挥了重要作用，有力支撑了互联网+、制造强国、宽带中国等重大战略与政策出台和各领域重要任务的实施。

GSMA 对本次报告的主要合作单位表示感谢：

- 中国移动
- 中国联通
- 中兴通讯
- 大唐移动
- 中国电信
- 华为
- 爱立信

* 及多家产业伙伴，限于篇幅，在此不一一列出。

顾问：

斯 寒，GSMA 大中华区总裁
王志勤，中国信息通信研究院副院长

作者：

常 洁，GSMA 大中华区创新与生态合作总经理
关 舟，GSMA 大中华区公共政策总经理
关庆贺，GSMA 大中华区创新与生态合作经理



目录

前言	02
5G 智能电网在南方电网的应用	03
中国电信 5G+MEC 智慧商业数字孪生平台	06
山西华阳集团 5G+ 智能矿山	09
庞庞塔煤矿 5G+ 智能矿山	12
精研科技基于 5G+AI 技术的质检车间	15
美的集团 5G+ 智能制造	18
湖南华菱湘钢 5G 智慧工厂	22
基于 5G 独立核心网的宝钢湛江钢铁高质量工业 专网及应用创新	25
海螺集团 5G 智能制造	28
云南神火铝业 5G 智慧工厂	31
山东联通东营胜利油田 5G+ 智慧油田	35
山东东营港 5G 智慧化工园区	38
宁波舟山港 5G 智慧港口	41
爱立信南京 5G 智能工厂	44
贵州轮胎 5G 全连接柔性生产线	48
天津空客 5G 智慧工厂	52
厦门公交 5G BRT 智能网联车路协同系统	56
基于 5G MEC 的分布式通用机器视觉平台	59
深圳市福田区医联体 5G+MEC 智慧医疗	62
新昌人民医院 5G MEC 切片专网	65
中央广播电视总台 5G+4K/8K 制播平台	68
中央广播电视总台 5G 新媒体实验平台	71

前言

截至 2020 年底，全球已经在 57 个国家和地区商用了 142 张 5G 网络，全球 5G 终端连接数达到 2.3 亿。其中中国 5G 的发展尤其令人瞩目，2020 年中国累计建成 5G 基站将近 72 万座，实现了重点区域的连续覆盖，5G 终端连接规模全球占比超过了 85%。

在这些数字的背后，5G 在行业市场的应用发掘和发展也是市场焦点。5G 走向行业的核心是 ICT 的数字要素与 OT 技术的深度融合和再次升级，生产要素的变化驱动生产力和生产关系的变化。未来 10 年，将是中国产业互联网最值得期待的 10 年。

5G 技术作为驱动产业互联网发展的重要因素，这既是一个新的机遇，同时也存在着巨大的挑战。我们欣喜的注意到行业客户在从信息化、自动化向数字化、智能化转型的过程中都在积极的拥抱 5G 技术，也在思考如何利用新的连接和服务能力更好的为企业赋能，目前中国 5G 赋能行业方面的探索如火如荼，包括在商业化模式上，并取得了很多宝贵的经验。

《中国 5G 垂直行业应用案例 2021》联合中国运营商和技术伙伴，共汇集 21 个优秀的 5G 行业应用实践，涵盖工业制造、港口矿山、交通运输、电力、医疗和内容等诸多领域，聚焦新一代信息技术在行业市场的应用场景、技术特点和未来发展机遇，例如：

- 如何在生产条件最复杂也最具挑战的的井下煤矿建设 5G 防爆基站
- 在货物吞吐量连续十一年位居世界第一的集装箱远洋干线港口，如何利用 5G 视频实现智能理货和远程操控
- 在覆盖 5 个省区，供电人口占全国 18.2% 的城市电网配网中使用 5G 网络切片专网，保证精准授时
- 在城市内 60 公里的公交干线，50 辆运营车辆实现车路协同和自动驾驶之后，如何协助企业运营适应新技术带来的变化。
- 在高温高危的钢铁生产企业，如何通过 5G 专网让设备开口说话、机器自主运行、企业更高效率

我们衷心希望通过报告中梳理的应用场景、项目反馈，商业化进展以及经验思考，能够为中国和全球 5G 技术在行业应用中的推广与发展，尤其是对下一步 5G 技术在不同行业的规模化发展带来积极的示范与参考。

当前，5G 作为新一代信息通信技术领域的引领性技术，将全面构筑数字基础设施，打通信息流动“大动脉”，成为经济社会转型发展新引擎。5G 赋能千行百业，不断向垂直行业渗透，为设备赋智、为企业赋值、为产业赋能，推动数字经济实现消费互联网和产业互联网经济双轮驱动。

2020 年是极不平凡的一年，新冠疫情的爆发也加速了 5G 发展按下了快车道。中国信息通信研究院与 GSMA 联合，在疫情早期推出了 5G 数字抗疫案例集，共同举办专题研讨会，推动全球 5G 发展。

为进一步促进 5G 应用创新，中国信息通信研究院联合 IMT-2020(5G) 推进组、5G 应用产业方阵，连续组织三届“绽放杯”5G 应用征集大赛，充分发挥社会各界力量，面向行业、企业及个人广泛征集 5G 应用，集思广益，深入挖掘孵化 5G 特色应用，加速 5G 应用规模落地。大赛得到社会广泛关注和支 持，并取得积极成效。2020 年，大赛共收到项目 4289 个，充分调动了政产学研用及社会各界多方力量，展示了 5G 应用的最新成果和发展趋势，促进 5G 应用落地。

本书精心收录了 21 个中国 5G 行业应用优秀案例，其中不少也是“绽放杯”5G 应用征集大赛的获奖作品。希望这些案例能给致力于 5G 产业与应用发展的朋友以借鉴和启发，并涌现出更多的创新与实践。5G 融合应用需要全球产业界的持续不断的探索，中国信息通信研究院愿与 GSMA 及全球各界朋友通力合作，共抓 5G 产业繁荣发展新机遇，共谱世界数字经济壮丽新篇章。



斯寒
GSMA 大中华区总裁



王志勤
中国信息通信研究院副院长

5G 智能电网 在南方电网的应用

5G 智能电网作为中国移动集团的龙头项目，在技术和商业探索上都取得了重大成果，是 5G 赋能行业经典案例。5G 网络大带宽、低时延、高可靠性、安全切片的特点，完美契合电网业务需求。2020 年三方完成了授时终端、切片运营的技术攻关，同时广东移动在向从卖卡向卖切片服务转型上迈出了重要的一步。南方电网的广域切片专网服务模式，是广东移动开拓政企市场实现新业务增长的重要里程碑，更为各行各业提供了 5G 应用的模范示范。

葛磊

中国移动通信集团广东有限公司副总经理

合作
单位



案例综述

南方电网成立于 2002 年 12 月 29 日，供电范围包括广东、广西、云南、贵州、海南五省区，并与越南、泰国、缅甸、老挝等国家、地区电网互联。供电面积超 100 万平方公里，供电人口达 2.54 亿，占全国人口的 18.2%。

南方电网、中国移动、华为强强联合，从 2018 年开始开展了 5G+ 智能电网应用创新，从技术到业务等方面取得重大突破。5G 为智能电网带来安全隔离、高可靠的虚拟专网并实现 8 项全球第一：

从顶层设计、国际标准、关键技术、现网试点到业务运营，全面打造 5G 行业应用标杆。提升电网自动化与巡检的效率，节省建设成本，同时为运营商增加行业收入，建立良好的行业生态，并持续孵化商用产品和商业模式。三方在“发-输-变-配-用”五大电力业务应用领域的 53 个场景持续探索应用，并在广深现网率先开通了全业务示范区，实现小规模试商用。计划 2021 在中国南方五省规模复制商用。

8
项
全球
第一

- ① 第一本白皮书《5G+ 智能电网白皮书》
- ② 5G 行业应用向 3GPP 提案数全球第一
- ③ 第一个部署 5G+ 差动保护应用
- ④ 第一个部署 5G+PMU 应用
- ⑤ 第一个打通现网端到端切片流程
- ⑥ 第一款 5G 电力 CPE
- ⑦ 第一个全业务示范区
- ⑧ 绽放杯评选蝉联第一名

发 → 输 → 变 → 配 → 用



行业挑战

电力系统的流程并不复杂，从电厂发电，经过主电网大容量高电压输送到用电中心，然后分配到千家万户。未来的智能电网将向海量连接、安全高效、末梢延伸发展，主要应用业务场景为：

输电领域



输电领域

输电网覆盖面积大，既有城市的地下电缆，又有高压线路，输电领域遇到的最大问题在于其广袤覆盖，监测故障非常困难，以前主要靠人力，工作效率非常低。比如南方电网全网有超过 30 万公里的线路，11 万座以上的铁塔，多年来企业一直尝试如何用高新技术解决长线运维的问题，例如用红外线等方式实现无人机探测，采用通信手段将数据传送回来，无线高速传输可大幅度提高传输效率。5G 技术可以实现数据及时高速回传，再通过边缘云 AI 进行判断，能够大幅度提高问题判断的准确性，大幅度提高运维效率。

变电领域



变电领域

人们比较常见的变电站需要其具备在线监测和移动巡检功能，5G 能够提高其工作效率和实现设备运维状态的准确判断。

配电领域



配电领域

面向智能电网发展需要实现海量连接、安全高效、向末梢延伸，配网环节面临的挑战最突出。配电网相当于通信网络中的接入和汇聚层，由于成本高企业自己很难实现全域的光纤覆盖。目前主网已经实现光纤覆盖，但是电网末梢神经的配网，目前属于“盲调”状态，因为数量大，光纤全覆盖成本高、时间长、维护难（15 万 /km）。南方电网共有 30 万个电房，这些电房感知能力和控制水平主要受制于通信手段，特别是在控制方面，难以实现实时控制。南方电网在这方面做了大量工作，例如 PMU 和差动保护等，这些技术对通信要求高，采用 5G 技术（10 毫秒时延和 1us 精准授时等）就可以极小地控制故障范围，并且快速恢复对用户的供电，大大提高了用户的供电可靠性，降低建网成本。

在用电方面，南方电网有超过 9000 万用户，需要进行抄表工作。今后的发展需要分布式能源接入具有互动能力，这是 4G 满足不了的，而 5G 就可以实现，为用户创造价值打开了一扇门。

解决方案和价值

01 项目价值与影响

5G+AI 为电网提供了安全灵活的智能虚拟专网服务，极大的助力了南方电网的数字化转型战略。在配电场景，通过 5G 高精度授时和低时延，实现配网差动保护，降低建网成本 50%；在输变电场景，通过 5G+AI 实现智能巡检，工作效率提升 80 倍。通过端到端切片技术和芯片加密技术，保障了电网业务的安全隔离。

目前已经在广州深圳小规模商用，并将在 2021 年广泛推广至南网五省，规模千万级以上，社会效益、经济效益 50 亿元以上。未来，将进一步将 5G 推广至用电等其他综合环节，应用到千万乃至亿级电力终端，有效降低停电时长，全面提升供电效率，降低人民用电成本，避免社会经济损失、节省电网运营成本。

02 商业价值

电网是一张无处不在的网络，需要运营商为其提供一张广域虚拟专网。本项目定义了运营商广域切片服务的标准，目前南方电网、移动和华为已经完成南方五省的切片顶层架构设计，并根据不同的服务等级设计出专有切片和通用切片计费模式。未来将向其他行业复制。

03 创新点

定义应用标准

发布《5G+ 智能电网白皮书》、《5G+ 智能电网需求白皮书》；

定义顶层架构

发布《5G+ 智能电网顶层架构》，实现从技术到业务的跨越，在现网实现电力切片商用。在网络层面，根据电网业务的安全分区，实现切片模型标准化；在运营层面，广东移动在 NSMF+、CSMF+ 实现电网产品上架，南方电网在电力切片管理平台实现自运维；

定义行业技术标准

3GPP 提交 5G+ 电网相关提案 20 余篇，确定授时和切片技术标准；电网要求空口授时精度达到 1us。三方从组网到设备、终端针对性研发，经过外场实测，平均时延 10 毫秒，从基站提取时钟源到终端，现网实现空口授时精度达到 300 纳秒；

定义安全标准

构建 5G 智能电网立体化安全防护体系，切片+MEC+终端安全芯片+态势感知，发布《5G 网络安全白皮书》；

定义商业模式

首创广域切片专网商业模式框架；

首创电力 CPE 终端

针对电力授时需求，首创业界 5G 授时功能 CPE，并在广深小规模应用；



经验总结与后续计划

5G 是南方电网数字化转型战略的关键技术，经过近 3 年的联合探索，三方联合项目工作组，针对每一个应用场景进行深入研究，明确网络和参数如何满足对业务场景的支持，尤其是网络切片的资源分配和性能表现在商用环境下对于电网业务的支持。目前在输-变-配-用等环节的小规模试点表明 5G 网络能够更好地满足电网业务的安全性、可靠性

和灵活性需求，带来生产效率的提升和运维成本的降低。

依托国家新基建项目，南方电网、中国移动、华为将持续强强联合，采用 5G+AI+ 云助力南方电网数字化转型。三方将持续联手在广州南沙和深圳打造 5G+ 数字电网示范区，并在南方五省规模推广，努力推动从技术验证到规模化的应用，共同培育 5G+ 数字生态繁荣。

中国电信 5G+MEC 智慧商业 数字孪生平台



商业综合体是现代城市商业新布局，是现阶段典型的城市人流和零售多业态聚集地，也是畅通国内大循环、促进新型信息消费和推广 5G 消费级应用的重要布局。中国电信积极推动“门店裂变、运营聚变、销售智变”渠道“三变”创新，以客户为中心加快构建线上线下一体化、数字化、生态化的新型营销服务渠道体系，2020 年率先发布 5G+MEC 智慧商业数字孪生平台，2021 年推出千家 5G+MEC 智慧商业综合体合作计划，加速打造数字化营销新场景，赋能流量一站式转化。中国电信愿与产业各方一道积极创新，共享渠道价值，共筑 5G 生态，共创智慧生活。

郭勇

中国电信集团全渠道运营中总经理

合作
单位



案例综述

2020 年新冠疫情严重冲击传统商业经济，加速了商业综合体数字化转型步伐，重构商业场景、打造线上线下深度融合的新型信息消费模式成为行业共识。中国电信率先打造全国首个 5G+MEC 智慧商业数字孪生平台，为实体商业构筑 5G 新基建数字能力底座。平台依托中国电信全球领先的云边协同 5G SA 网络，拥有高精度点云地图及空间三维重建等核心技术，依托自主研发边缘计算平台将用户侧应用能力下沉到商业综合体就近边缘节点，提供

低时延、高带宽、云渲染的算力保障。平台现已落地赋能合肥万象城、北京西单大悦城、上海正大广场、广州正佳广场、苏州吾悦广场、杭州银泰广场、成都宽窄巷子、福州苏宁广场等 100 余家头部商业综合体、商业步行街和自贸港，惠及两万余家零售商户，助力实体商业加速新型基础设施建设和数字化转型，帮扶商户培育扩大线上线下融合的信息消费模式，推动客流回暖，加速消费复苏。

行业挑战

一方面，疫情之下商业综合体、商业步行街客流锐减、营收受到较大冲击，如何在做好疫情防控下提升客流和销售转化，实现营收回暖增长成为当务之急。另一方面，面对消费升级的时代，将文化气质、情感内涵、社交体验、生活情境融入消费场景，成为重构人与商业连接的关键。商业综合体作为匹配消费者需求场景化的连接点，纷纷加速全域数字化融合创新。通过新技术拓展数字触点，丰富消费场景、提升消费品质，与用户建立深度互动，产生情感共鸣和社交分享持续提升用户满意度和客户精细化运营效率。然而目前仍存在诸多挑战，如多数商业综合体缺乏数字化

运营平台，综合体及商户数据未贯通，商户客流经营及精准营销能力弱；线上线下融合购物场景缺失，无法满足年轻客户消费需求，私域流量汇聚手段单一；商业综合体实体空间较大，但空间功能未充分挖掘，沉浸式消费场景不足，活动体验感知、迭代速度和消费转化效率低。

5G+MEC 智慧商业综合体建设及应用探索实践表明，这些关键挑战性问题的解决，亟需 5G 赋能。中国电信与头部商业综合体强强合作，开展千兆 5G、千兆宽带、千兆 WiFi “三千兆”网络建设，大幅升级基础连接能力，为商业综合体构建“数字孪生平行世界”，在虚拟现实空间成功部

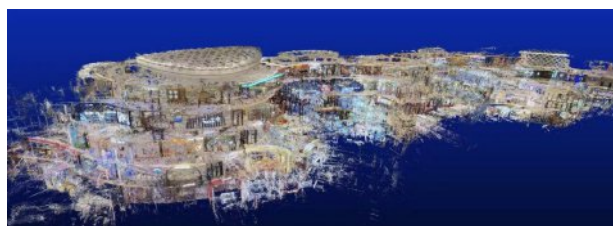
署 5G 云 XR 数字景观、5G 云 XR 虚拟导购、5G 云 XR 红包探宝、5G 云 XR 娱乐空间、5G AI 虚拟人直播、5G+AI 大数据分析等一系列 5G 应用,为商业综合体及商户创造全新导流导购及数字化营销场景,加速实体商业人、货、场数字化升级,也为消费者带来全新的沉浸式、娱乐化购物体验。

解决方案和价值

01 5G 数字孪生空间

5G+MEC 智慧商业数字孪生平台通过对商业综合体等线下商业场景进行数字孪生基座的采集重建,将现实空间解析再编程,建立物理空间的数字孪生世界映射,进而在其中创作有趣的逛街、消费、社交、互娱体验,消费者通过手机、平板 APP、小程序及 AR 眼镜等 XR 交互终端,在真实场景访问虚实融合的商业互娱平行世界,打通会员积分、品牌营销与商业闭环,通过 XR 场景智能引擎让线下商业可以像游戏一样运营。

平台基于中国电信自主研发的 MEC 平台,在天翼云进行“消息转发服务”、“定位解算服务”部署,依托边缘计算进行云网协同,针对数字孪生平台及丰富的 AR、VR、MR 应用提供了低时延、大带宽、高算力的业务保障能力;在应用架构设计中,基于云边协同将 XR 云渲染、云游戏等内容部署在 MEC 上,充分保证连接可靠性的同时降低时延和抖动,面向商业综合体运营方实现大空间、定制化场景的厘米级空间定位和小时级高效规模部署,面向消费者提供极致的沉浸式、高精度、高保真、大规模混合现实应用,将时延从 50ms 降至 10-20ms,行业率先实现 5G+MEC 商用场景在公众市场的落地。中国电信通过快速部署 5 步法,即网络+边缘机房部署、商业综合体和商户整体上云、数字孪生点云地图采集、5G 云 XR 定制化建模编辑和 5G 云 XR 各类部署落地,可实现一周内完成一个新商业综合体数字孪生建模、平台接入落地和定制化场景部署。



为商业综合体打造 5G 数字孪生空间,通过点云地图部署虚拟景观道具,经过简单操作即可完成内容发布

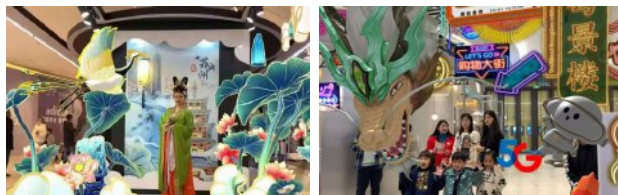
02 5G 云 XR 数字营销

5G 云 XR 数字营销包括 5G 云 XR 数字景观、5G 云 XR 导航导览、5G 云 XR 红包探宝、5G+AI 智能停车、5G 超高清云直播,围绕商业综合体零售场景打造从“引流入场”到“场内停留”再到“离场后触达”全流程智慧解决方案,为消费者提供了全新购物体验。5G+AI 智能停车系统通过 3D 扫描建模和车辆智能识别,帮助顾客停车寻车,解决停车场管理痛点,结合大数据分析实现精准会员服务推送。消费者走近商场即可收到实时卡片推送,了解美食、停车及最新会员权益服务。中国电信 5G 未来大使将带消



联合综合体商户打造 XR 潮玩购物,顾客浏览空中 5G AR 视频广告及社交点评,点击 AR 红包赢取商家消费券

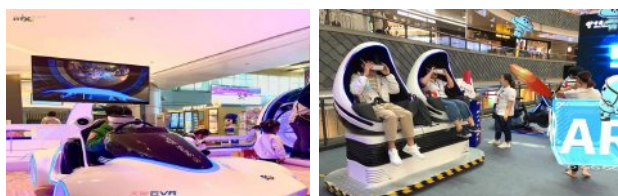
费者穿越时空旋转门进入 XR 数字孪生平行世界。打开店铺 AR 导航导览，逛街沿途随心浏览千店千面的品牌视频广告和点评评分，扫码商户店招用 AR 探宝技能寻获超值大奖，抢 AR 红包赢取超级福利。身临其境与中华文化、宇宙星空、海底世界、艺术长廊等 AR 虚拟景观打卡合影。离开商场后，消费者可以通过服务号功能关注对应商家，了解商家最新的优惠活动信息，持续保持互动。用户还可以足不出户体验 5G 云 VR 超高清带来的云端音乐节、云端艺术周等，一切都将会是一场虚实交融的奇妙旅程。



结合节假日和营销主题活动为综合体中庭打造 5G 数字景观，成为年轻人网红打卡地

03 5G 云 XR 娱乐空间

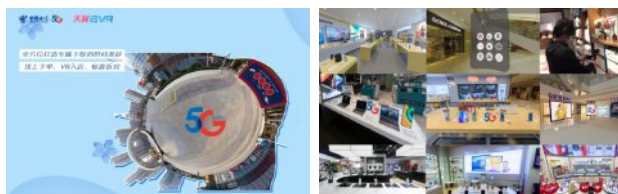
在汇集时空穿梭机、无人赛车、飞行影院等多款劲爆 5G 云 VR 游戏的 5G 云 XR 娱乐空间，消费者争相感受 5G XR 技术带来的沉浸式感官风暴。与 AI 偶像互动热舞，实时录制高燃酷炫短视频制作成视频彩铃；还有商业综合体定制版行业 5G 视频彩铃，为综合体运营方和零售商户量身定制。



5G 云 XR 娱乐空间打造实体商业数字娱乐新地标

04 5G 云 XR 虚拟导购

通过为零售商户实现 5G 云 XR 全景虚拟导购，用户足不出户利用手机便可随时随地享受云货架、云橱窗、云逛街等沉浸式购物体验，与心仪的商品深度互动，同时还可点击查询每款虚拟商品实时价格、限时特惠活动、会员权益信息等，在轻松自然的娱乐环境中完成线上下单购物。



5G 云 XR 虚拟导购助力线上线下融合消费

经验总结与后续计划

在平台部署实践和规模推广中，实体商业将数字孪生空间作为线上流量入口，商户进行线下流量变现。通过基于 5G XR 应用的数字化活动、5G 直播等数字化传播、大数据 + 人工智能数字化营销，打造了“商业运营方 + 电信运营商 + 零售商户 + 顾客”的 B+B+b2C 商业新模式，形成了前后向一体化的变现流程，持续带来长效收益。

三个典型案例：在文旅行业，成都宽窄巷子打造 5G XR 全景宽窄，店铺全景体验日均人数超万人，街区客流增幅 33%，并荣膺商务部全国示范步行街。在贸易领域，打造海南自贸港酒店免税商品沉浸式购物新体验，为中免商城降低近 15% 的运营成本，使酒店客房价上

涨近 50%。在商业地产领域，合肥万象城打造国内首家 5G+MEC 智慧商业综合体，全面升级数字化引流和沉浸式娱乐消费体验，客流增幅环比提升 15%，百余户商家营业额环比增长 30%。以上技术标准与应用场景已被编入 2020 年 5G 应用产业方阵发布的《5G+ 五星购物中心行业白皮书》，并在加快推动 5G 在商业领域的标准化建设和深度融合。

平台 2021 年计划赋能全国千家商业综合体和 10 万家零售商户，深入探索在数字零售领域的应用场景，深度融合商业运营及营销流程，加快推动线上线下融合的信息消费扩容提质升级。



山西华阳集团 5G+ 智能矿山

5G 技术下井后，能够准确、全面、清晰地获取井下各种安全生产数据和环境视频，为矿井减人提效、安全生产奠定了基础。

余北建
华阳集团副总经理

合作
单位



案例综述

新元煤矿隶属于华阳集团，煤炭年产量 270 万吨，可采储量 7.13 亿吨。5G 发展伊始，华阳集团就积极拥抱 5G 应用，希望借助这个工具，合作探索基于 5G 技术的煤炭产业智能化发展之路，实现企业生产效率、生产能力的变革，提高企业盈利能力，不仅如此，通过行业标杆试点，也能从一点到面，未来推动煤炭行业装备升级改造。

2019 年 5 月 25 日，华阳集团、中煤协会组织多方专家召开 5G 技术矿井应用研讨会，项目启动。2019 年 9 月 5 日，华阳集团、中国移动、华为公司成立“5G 通信煤炭产业应用创新联盟”，项目进入实质推动阶段。2019

年 11 月 18 日，实现全国首次 5G 基站煤矿井下测试，单基站井下覆盖距离 400 米。2020 年 4 月 29 日，华阳集团联合山西移动、上海山源、华为公司在江苏常州中国煤炭科工集团联合获取全国首个 5G 基站煤安认证。2020 年 6 月 18 日，5G 智慧矿山联盟成立，山西省省长林武宣布我国首座 5G 煤矿在山西华阳集团新元公司正式落成。

目前新元矿与山西移动合作，采用隔爆和煤安认证的基站设备，第一期已经部署 14 台 RRU，第二期部署 64 台 RRU，为保障煤矿数据安全，还在新元矿部署了 MEC/UPF，保障数据不出园。

行业挑战

安全生产

安全生产是煤炭企业的第一要务，针对井下生产环境中高瓦斯、高煤尘、水害渗水等情况，以及员工井下工作时间长、劳动强度大（24 小时 3 班倒）等问题，如何利用移动通信技术，改善劳动生产环境。

生产监控难

由于井下传统工业环网带宽限制，传统的井下监控系统只能通过有线解决少量视频上传，但对于井下少人化甚至无人化操作所需的海量视频上传是“杯水车薪”。另外，在综采面由于采煤机、电液支架、刮板输送机时刻处于运动状态，传统的有线光纤经常折断，如何保证视频监控满足生产要求。

人工日常巡检多

为了监测巷道的压力变化，煤矿部署了大量的矿压监测传感器，现在主要采用人工抄表，效率低实时性差，如何实现自动抄表。另外，煤矿中的机械设备部署有传感器，一般每台机械上部署几个到十几个，数据传输对网络需求显著。

烟囱式网络多

井下之前为配合不同生产系统建设了多种制式的网络，如何通过一张统一的 5G 网络承载不同类型的业务需求，同时也解决企业要求的数据不出园的安全问题。

解决方案和价值

基于统一的 5G 网络，该项目目前主要开展了以下 4 个方面的 5G 应用探索：

5G 巡检

通过 5G 连接硐室巡检机器人，把巡检数据、视频、音频信号传送到井上监控指挥中心，实现了新元矿井下变电所的无人巡检。



综采面无人操作

60 路 4K 高清，利用“超千兆上行”大带宽，实现了海量的 4K 高清视频的回传。



掘进面无人操作

利用 5G 网络的高可靠、大带宽、低时延的特点，通过井上对井下设备的远程控制，减少掘进岗位人员数量。



数据采集

利用矿用 NB IoT 网络，实现水文、瓦斯等采集信息的无线回传，减少传输施工和维护难度。

由于煤炭行业安全生产对环境的严苛要求，项目组主要集中力量围绕以下三个方面开展课题攻坚工作：

定制矿用 5G 基站

针对井下煤矿防爆的要求，联合行业合作伙伴，打造全球首个 5G 矿用基站。

推出千兆上行特性

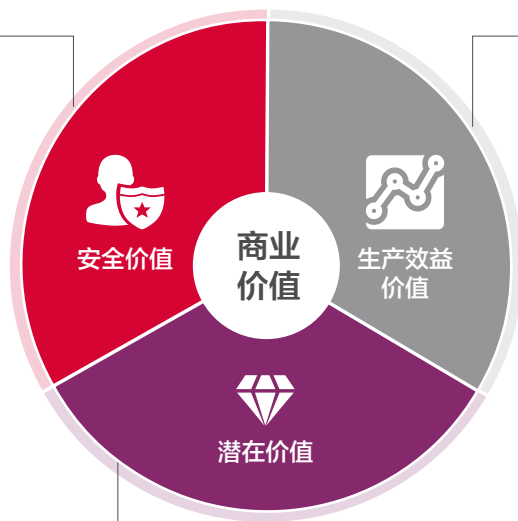
井下煤矿海量视频回传需求，与传统的地面以下行为主的个人移动截然不同，井下需要大上行，华为创造性地研发了 1:3 配比（DL:UL），实现了超千兆上行，满足井下视频回传需要。大上行的实现，已经成为 5G 煤矿的必选项，后续将写入到 5G 智能煤矿的标准中。核心网风筝模式，大网断，小网不断，满足矿山企业独立组网需求。

迅速推出矿用 5G 终端

联合行业伙伴快速推出基于 5G 网络的井下 4K 摄像头、手机终端、防爆 CPE、5G 通用模组、边缘网关、传感器。

减少井下作业人员，减少人员劳动强度，减少“三违”行为，降低事故发生率，遏制重特大事故。项目评估：下井人员可减少 20 人 / 班次。

井下 5G 亚米级定位在研，节约精准定位系统投资 600 余万。5G 环网试验中，取代新建万兆环网，节约投资 500 余万。



智能综采，减人提效，降低成本 250 万 / 年

5G 物联，预测性防护，生产效率提升 300 万 / 年

视频 +AI，设备运行状态实时监控，设备故障率降低 15%，节省 200 万元 / 年

5G 智能掘进，降低人员成本 15 万 / 年

无人巡检，少人减人，降低人员成本 120 万 / 年

经验总结与后续计划

接下来，项目组还将根据实际生产环境和需要，在以下领域持续优化：

端侧

井下移动设备充电桩方案煤安认证；适合井下工作场景的摄像头自冲洗功能；采煤机掘进机含有大量金属模组，集成 5G 模组进一步优化设计。

网络侧

巷道不平整有起伏的情况下如何更好优化 5G 网络和信号覆盖。

云 /APP

针对企业要求数据不出园的特点，如何构建基于本地的弹性应用承载平台，同时能够加速 5G 场景的新应用的引入。

运维

鉴于企业安全生产要求，以及人员下井管理制度，企业客户对于自运维，尤其是井下设备自运维的需求明显，如何提升自服务的设备的可视化和远程可管理。

首个 5G 煤矿落地，坚定了 5G 加速能源综改的决心，增强了企业应用 5G 的信心，凝聚了行业 5G 创新的恒心。作为“新动能推动中国经济新发展”的典型案列，改变了社会对煤矿员工传统工作环境的印象，煤矿工人可以在舒适的地面操作中心远程采煤，实现从黑领到白领的转变。

展望未来，以 5G 为基础的一张基础网络，结合云计

算、AI 和行业应用的综合优势，多方还将持续在无人驾驶、AR 运维、精准定位等方面持续探索，从井下的煤炭生产逐步扩展至地面的洗煤，选煤，煤炭运输等领域，最终实现构建 5G+ 智能矿井的标准体系，进一步推动煤矿产业的智能化发展。

庞庞塔煤矿 5G+ 智能矿山



攻克井下防爆安全技术难点，5G 网络在煤矿井下的规模部署，从根本上解决了传统网络技术难以满足井下高危环境、恶劣环境、移动生产环境、生产现场环境多变、战线长、设备及传感器数量庞大、用人多等生产特点需要。这个项目在能源行业做到了四个第一，第一个井下 5G 设备正式通过国家煤安认证的网络，第一个在井下规模部署的网络，第一个签署了正式商用合同，也是第一个承载 5G 应用的网络，这份成果是所有为这个项目付出的工作人员一起努力的结果。

李艺

联通（山西）产业互联网有限公司总经理

合作
单位



案例综述

山西省吕梁市庞庞塔煤矿进行的智能矿山建设项目于 2020 年 7 月启动，10 月中旬一期验收。

在组网方面，该项目构建了井下 5G+ 万兆工业环网于一体的高质量工业互联网络，在井下南北区建设 10 个井下环网节点，部署 144 个基站，覆盖超 100km 巷道、48 个场景，完成煤矿南区和北区井下单节点 5 万兆、环网总带宽 40 万兆级别、采用 5G 切片技术的具备物理通道隔离的矿用 IP-RAN 工业环网以及 5G 基站的覆盖工作，并以柔性抗灾光缆完成总体环网铺设，实现了一张网管理。同时，利用 5G 切片技术实现不同系统数据在一张网中的稳定专网传输。井下主干网既可满足井下移动通信的需要，同时也可提供井下工业环网所需的通信协议接口。基于已通过防爆认证的多模基站设备实现煤矿 4G、5G、NB-IoT 三种网络的有效覆盖，常规通信服务区域以 4G 覆盖为主，需要大带宽、低时延应用的工作面、掘进面等场所则以 5G 信号覆盖，为推进智能矿山建设奠定了重要的网络基础。

在应用方面，基于 5G+ 高质量网络，叠加边缘计算平台，对煤矿各系统进行智能化建设，包括 AI 智能皮带感

知、NB+ 全面感知、多媒体通信调度、高清视频采集、智能视频分析、远程控制等多项智能化应用，实现煤矿人、机、物、环等全生产要素的智能互联管理，形成井下通信、物资管理、安全监测、集中控制、智能生产工具等 N 种场景的应用解决方案。



行业挑战

传统的煤炭生产方式下矿难等安全问题频发、人工成本居高不下、矿工作业艰苦危险，政府和企业希望借助数字技术的应用，推动智能矿山的建设，实现“少人化、无人化”。

近几年，各大矿业集团均先后提出实现煤矿开采智能化要求，随着煤矿生产智能化程度的提高，高清视频回传系统、高密度传感器接入系统、智能机器人巡检系统、智

能协调控制系统等共同组成的设备群，需要通过中心控制系统进行统一协调处理和快速反馈控制，大量的数据采集和传输、海量的接入设备以及极低时延的控制操作，都对网络传输的质量和能力的要求提出了前所未有的要求，高带宽、低延时、高可靠的无线传输网络成为了实现煤矿智能化开采的一个重要环节和纽带。

解决方案和价值

网络是智能矿山建设的基础，当前行业内主要采用光纤+工业以太网构建环网实现数据传输，无线覆盖大多采用 WiFi 方式，部分示范矿井部署了 4G。但是井下环境复杂，以光纤为主体的工业环网存在着易损坏、难维护的问题。4G 网络不能有效地支持低时延要求的各种控制型号传输。WiFi 在面对跨 AP 区域数据传输时有明显的延迟。诸多问

题表明，现有的井下网络严重制约着矿山智能化的发展。依托 5G 和 IPRAN 等新技术，构建高可靠的承载网络，降低井下通信时延、提高传输带宽，增强对移动作业的支持能力，及时掌握工作现场的生产动态，使危险因素变可知，使操作过程变可控，设备防爆成为 5G 网络井下建设的主要技术难点。项目主要集中精力在以下几点方面创新：

01 打造高可靠的煤矿井下一张网

通过 5G 下井安装测试工作，获得上传速率 200Mbps，时延低于 20ms，有效覆盖半径达到 300 米的实测数据，基本掌握了 5G 在井下覆盖规律，基于实测数据设计智能矿山整体网络，总体建设思路是：

- ① 采用阻燃和抗冲击光缆构成安全可靠的基础网络；
- ② 引入 IPRAN 技术构建井下电信级万兆环网；
- ③ 井下实现 4G 全覆盖，提供全域的通信和无感切换能力；
- ④ 采用 5G 基站对重点应用场景进行覆盖，实现综采工作面多数据源信息回传、掘进面高清视频回传等应用，

从而满足智能化矿山对承载网络的全部需求，实现“一张网”的智能化运营管理。基于建设的 IPRAN 环网和 5G 无线网络，庞庞塔煤矿针对井下生产的多个场景进行了应用创新研究。主要围绕六个方面：

1

运用 5G 大带宽的传输特性，增强井下视频监控质量，将大巷、硐室、工作面的高清工业视频图像实时回传。

2

基于高清视频的智能分析，实现关键场景的违章检测，自动识别违章行为并预警。

3

发挥 NB-IoT 技术特点，进行传感器的无线化改造，使其在无电源线、无网线环境下工作，增强对煤矿各场景的数据采集和网络感知能力。

4

基于 5G 利用 AR/VR 技术，通过网络实现一线人员和后台专家的远程连线，强化远程设备检修的能力。

5

发挥 5G 网络低时延的特点，为变电所、水泵房、瓦斯抽放等场所的远程操控，无人值守提供技术基础。

6

基于全覆盖的 5G 无线信号，实现危险区域机器人巡检，远程的将温度、气体、设备状态的信息及时全面的采集回来。

02 打造边缘计算核心平台

作为智能化建设的关键技术支撑，实现对煤矿工作中具体事件和数据的就近分析，直接掌控各类矿端设备并做出条件反射式的高速、准确反映。核心云搭载智能平台，汇聚收集矿端数据和边缘云分析结果，不断增强边缘云反映能力，从而提高整个系统的灵活性、运行效率和智能化水平。

03 以高性能的传输网络为核心，探索了 5G 环境下应用的突破点

基于云、管、边、端结构，开展全方位技术研究和应用部署，重点聚焦瓦斯监控、智能视频回传和分析、重大设备故障预判等系统，处理煤矿企业在全面感知、智能控制、安全生产和运营管理等方面的需求。

霍州煤电庞庞塔煤矿基于 5G 的煤矿井下示范工程，开展产业化试点工作，不断推进千万吨级别的煤矿智能化建设工作，该项目无论从经济效益还是社会效益都有很大价值；

经济
效益

5G 网络建设，可以实现 4G 网络、5G 网络、NB 网络多重网络一次性建设，减少了企业建设多种网络的重复投资，节约多套网络建设成本；强有力的网络保障为煤矿智能化建设提供更多无线化应用的可能，而智能化直接带来了生产效率的提高，吨煤生产成本从 300 多元降低到 200 元左右，实现经济效益的提升。同时，无线网络建设有效减少煤矿井下光缆电缆数量及设备数量，所有新建系统的数据传输可以就近无线接入，使新建系统的投资成本降低。

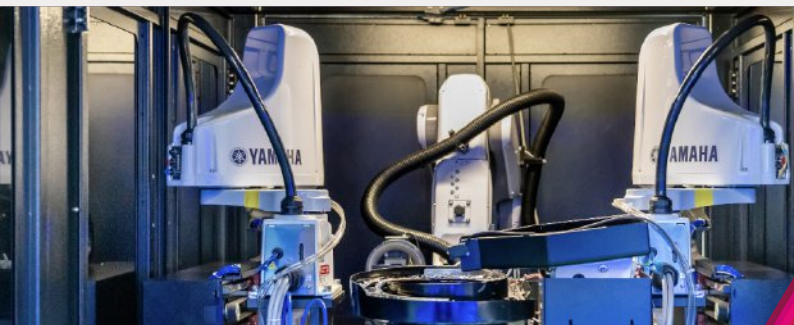
社会
效益

从企业角度，工作方式由 2+1（两班工作，1 班检修），变成 2+0（两班工作，弱化检修）；皮带故障由原来需要 4-5 个小时进行定位，升级到现在直接定位，实现企业的减员增效，降低下井人员数量约 30%，将每班下井人数由 400 多人减少到 100 多人。实现“少人则安、无人则安”。从民生角度，5G 助力远程智能操作，矿工逐渐成为高学历、高素质、高收入一族；5G 助力的远程集中智能控制技术让矿工远离危险工作环境，让家人和社会都安心。同时推动社会生产力的发展，解决相关方面技术人才的就业问题。

经验总结与后续计划

本项目构建了井下 5G+ 万兆工业环网于一体的高质量工业互联网络，实现了一张网管理。部署了煤矿边缘计算平台及全面感知、智能控制等八大核心智能应用。

庞庞塔 5G+ 智能矿山项目一期验收后，陆续着手开展二期建设。第二阶段目标是到 2021 年底，构建整个煤矿、选煤厂及全矿区多单元、多产业链、多系统集成的智能矿山体系，全面实现生产要素和管理信息的数字化精准实时采集、网络化实时传输、可视化展现，采、掘、运、通、洗选等全部主要生产环节的智能决策和自动运行，实现综采工作面和掘进工作面的区域化智能决策和自动协同运行。



精研科技基于 5G+AI 技术的质检车间

原来 5G 没有用起来之前，每台机器上都要有独立的算力机，现在 5G 用起来之后，通过 5G 网络，可以把每台机器的算力机取消了。把算力机集中起来放在算力中心，通过 5G+MEC 的专网，把质检数据传输到云端，进入算力中心统一运算，这样让我们每台机器的算力成本大大降低，真正实现 5G 对工业互联网的赋能。

郭均文

江苏精研科技有限公司副总裁

合作
单位

Gian 精研科技

中国移动
China Mobile

微亿智造
MICRO-INTELLIGENCE

ZTE 中兴

案例综述

2020 年，是 5G 规模建设的一年。江苏移动从本省实际出发，在工业制造领域积极探索“5G+ 工业互联网应用”。江苏省有发达的制造业产业集群，但也存在生产效率难提升，数字化水平不足，生产安全难保障等痛点。江苏移动以 5G 网络为基石，工业智能应用为切入点，已拓展了 200 多个 5G 垂直行业项目，其中与 72 个行业客户联合开展了“5G+ 工业互联网”的探索。中国移动通信江苏有限公司常州分公司（以下简称“常州移动”）联合常州微亿智造科技有限公司（以下简称“微亿智造”）和中兴通讯，打造 5G+AI 质检示范车间端到端方案，成功在江苏精研科技有限公司落地。

行业挑战

江苏精研科技有限公司，是一家专业的金属粉末注射成型（MIM）产品生产商和解决方案提供商，是国内 MIM 行业内首家上市公司，主营业务为消费电子领域和汽车领域提供高复杂度、高精度、高强度的定制化 MIM 核心零部件，为该细分行业排名第一的企业。公司重视产品技术研发，副总裁郭均文先生参与完成的“高性能特种粉体材料近终形制造技术及应用”项目荣获 2019 年度国家技术发明二等奖。公司产品现已最终应用于微软、Fitbit、三星、VIVO、OPPO、联想和本田等国内外知名消费电子和汽



车品牌。

在精研科技实际生产环节中，3C 产品零部件质检部分的工作需要投入大量的人力，客户对品质要求严格，每个零部件需要人工借助工业电子显微镜，耗费 30 秒至 1 分钟才能完成质检，为此精研在质检车间投入近 3000 名

工人，占全厂总人数二分之一，每月支出的人工成本超过 2500 万元。而对于整个制造企业而言，工业质检领域一直面临人工检测质量不稳定、招工难、留人难、培训难、成本高等难以解决的痛点。尤其在 2020 年新冠疫情的形势下，招工尤为困难，另一方面企业面临着苹果等品牌海量订单交付的压力，如果不能按时交付，将会面临巨额的赔款。

为此，常州移动、微亿智造和中兴通讯等单位进行联合创新，立项开发“5G+AI 缺陷检测”解决方案。本项目依托微亿智造在国内 AI 缺陷检测领域领先的技术优势，联合常州移动和中兴通讯在精研科技质检车间部署 5G+MEC 专用网络，共同开发 5G+AI 质检机产品、打造 5G+ 工业大数据云平台，形成端到端解决方案，服务于制造企业质检，不断提升工作效率。

解决方案和价值

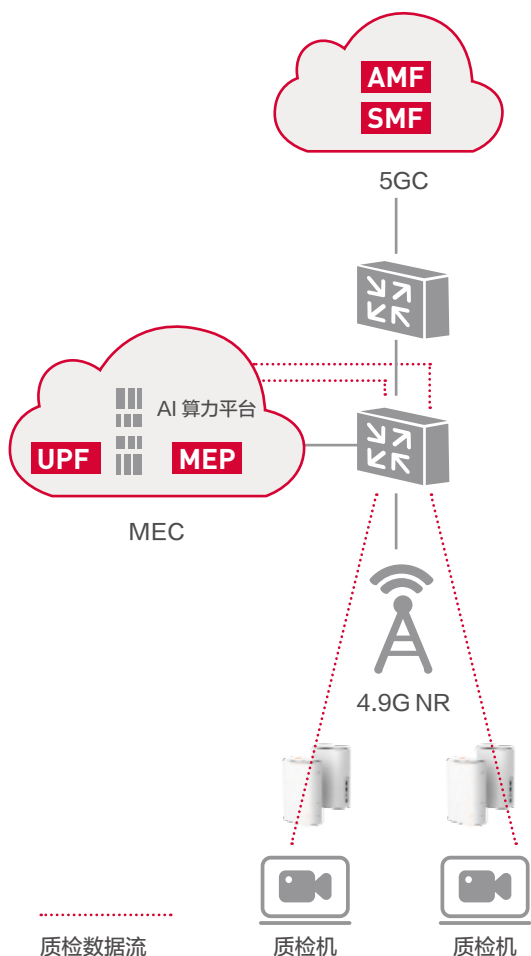
01 5G+AI 质检端到端方案

微亿智造是一家专注于研发工业视觉质检和工业大数据平台的公司，在国内 AI 质检领域具备领先优势。江苏移动常州分公司与生态合作伙伴微亿智造科技有限公司一起，通过深入精研科技生产车间调研，提炼质检需求。项

目为精研科技定制开发的 AI 质检机，整合了工业相机，机械臂，PLC（可编程逻辑控制器）等元器件。AI 质检机连续拍摄多张超高清照片，传输到 AI 算力平台进行图像检测并给出检测结果。AI 算力平台基于图像识别技术，模拟生产线工人表面检测工序，通过样本进行机器学习，2000 份数据样本的情况下可以达到 99.96% 查全率，质检效率是人工的 30 倍左右。

质检机回传多张高清照片到 AI 算力平台，根据照片数量不同，需要网络提供的上行网络速率在 150 ~ 300Mbps，传统基于 2.6GHz 的 4G 移动网络，由于上行时隙配比比较小，不能满足质检机需求。中兴通讯根据实际业务需求，设计了 5G+MEC 专网方案。中国移动拥有 4.9G 100MHz 频谱资源，适用于专网部署。另一方面，行业专网通常对上行速率要求远高于下行速率，通用的 2.5ms 双周期帧结构，上行时隙占比低，不能很好满足需求。针对这种超大上行的应用场景，中兴通讯研发实现了 2.5ms 单周期，3U1D 的时隙配比的 4.9G 基站版本，大大增强了上行传输速率，单用户峰值速率达 700Mbps，满足质检机的上行速率需求。

在 AI 算力平台侧，中兴通讯提供了增强型一体化 MEC 边缘云方案，边缘云系统基于 NFV 标准三层架构进行扩展，采用由多样化硬件和异构开放、轻量化管理的基础平台层、核心能力层和业务应用层组成的全栈式融合架构，与云端协同，提供边缘计算服务。边缘网络云可在边缘位置提供计算、网络、存储、加速、安全等全面的云计算服务，并为网元、互联网 /IT 应用等提供部署、调度、运行等稳健的基础环境，可降低响应时延、减轻云端压力、降低带宽成本，满足多样化的边缘应用场景。质检照片流数据本地转发，不需要绕行大区 5G 核心网，保证企业数据的安全。另一方面，MEC 提供强大的 CPU，GPU 算力，



30 倍



质检工作效率
提升

30 个



单台质检机
可以取代工人数



经验总结与后续计划

精研科技质检车间项目抓住了金属粉末注射成型（MIM）行业质检流程中用工难，招工难的痛点，深度融合 5G+AI 新技术，将 5G 的大带宽、低时延的特性充分发挥，实现了 AI 质检机算力上云，大大节省了单机成本，为工业互联网给予了有力赋能。同时 5G+AI 的质检车间为企业节省了大量的用工支出，良好的投入产出比使得企业有意愿跟合作伙伴签订合同，最终实现多方共赢。一期项目总共投产 22 台质检机，累计可替换工人 600 个左右，当年即可回收投资。

从一期项目开始，微亿智造对于质检的瑕疵图片进行了大数据的实时分析，后续还将通过产品缺陷数据与生产参数建立关联，反向调整各项生产工艺。例如对注塑成型环节的模具尺寸公差进行精密调整，提升模具精度，减少

满足 AI 算力平台运行。

一期项目成效：智能化升级价值初现，前景广阔。5G+AI 质检系统一期项目落地运行后，商业价值逐步显现。第一，质检工作效率有了近 30 倍提升，单台质检机可以取代 30 个工人，可以节约大量的质检人工支出，同时也能解决招工难，人工质检不稳定的难题。整套系统的投资当年就可以收回成本，之后将持续创造价值。

损耗。对烧结阶段温度、压力等工艺参数进行优化建议及分析，提高产品的良品率。通过 AI 对大量样本的训练，进一步优化生产工艺模型，相信在未来二、三期项目实施后，将为客户带来更大的价值。

此外，常州市钟楼区政府与江苏移动、微亿智造共同搭建 5G+ 工业大数据云平台，平台主要由“制造执行大脑”、“弹性算力平台”两部分构成。计划在未来几年，为更多的生产制造企业会提供“弹性算力”的能力。企业无需购买任何设备，无需支付后续的维护升级费用，算力按需使用，费用按需支付，使得更多的中小企业也能用得起。同时结合中兴通讯提供的 5G 技术，为生产企业提供更快捷方便的弹性算力输出，降低生产企业使用人工智能及大数据技术的成本，加快企业的数字化转型，实现产业升级。



美的集团 5G+ 智能制造



在新起点上，佛山企业勇立潮头，美的集团将打造 IoT 平台，加速完善 5G 智能工业网解决方案，为地区高质量发展注入活力，做出更大贡献。美的从 2019 年开始以传统网络架构为主体，推动 5G 在工业互联网上的运用，由点到线，通过 5G 赋能，与运营商等战略合作，建成 11 个应用场景和 1 个实验室，实现数据采集、建模、数据反馈等业务，大大提高生产效率。通过多场景实践，美的探索出工业互联网 +5G+AI 在安全生产、柔性智造，智慧物流等方面应用，有效降低生产领域成本和维护成本，降低产线自检成本，综合可运维效率提升 17%，成本降低 10%。

张小懿
美的集团副总裁

合作
单位



案例综述

5G+ 智能制造项目主要在美的集团微清事业部展开。广东美的厨房电器制造有限公司（微清事业部）位于马龙的生产基地，规划总占地面积 50 万平方米，建筑面积 42 万平方米，员工数量超过 9000 人，主要生产微波炉、大烤箱、小烤箱、蒸汽炉等产品群，现有总装线 59 条，年产能超过 4000 万台，2019 年实现营业收入 129 亿元。

项目主要面向美的微清事业部在柔性生产中面临的产线升级改造问题进行服务，整个项目共分为三个阶段建设实施：

- [**第一阶段**] 开展 5G 工业互联网总体方案设计、关键场景 5G 网络试点应用、测试环境初步开发；
2019.1-2019.12
- ↓
- [**第二阶段**] 进行采购设备、生产线部署 5G 工业互联网、开发 5G 网络测试环境、完成典型场景智能设备 5G 改造、规划团体标准 5G 工业与网络推广；
2020.1-2020.12
- ↓
- [**第三阶段**] 输出 5G 工业制造应用场景方案、中小型企业推广 5G 应用。
2021.1-2021.7

行业挑战

- 企业柔性制造需求较大，产线调整频繁，设备技改及生产能力提升过程中会频繁发生产线、设备、物流布局的变动，网络部署也要随之改动，涉及的网络变动建设费用投入超过 600 万 / 年。
- 采集密集的产线、设备机台区，WiFi 网络易掉线，跨 AP 切换掉线严重，业务系统采集、刷新速度慢，用户体验不好。

业务痛点	痛点描述
物流效率	1. AGV 车 WiFi 干扰严重，影响物流效率 2. 成品仓 WiFi 漫游闪断，影响调度信息同步 3. 车辆不支持定位，无法就近派发任务

柔性化	1. 微波炉小批量多型号，难以通过自动化产线实现柔性生产；产线工人多、人力成本高 2. 当前 KUKA 机器人、PLC 均基于有线网络，是自动化产线实现柔性化的首要挑战
无线化	1. 扫码终端、MES 看板基于有线网络，维护麻烦，成本高 2. WiFi 连接的扫码枪使用范围有限，WiFi 经常被干扰，导致数据传输失败
质量检测	1. 每个 AI 质检点位均需部署一台专用 PC 机或服务器，硬件配置高，成本较高
生产设备运维	1. 工厂设备故障，设备厂家无法快速来现场解决问题，问题解决时间长，对生产影响时间长 2. 制造车间噪音大、高温、空间狭小、设备多而复杂，视觉环境差、作业面积广。人工巡检工作劳动强度大、巡检效率低
安全监控	1. 有线监控布线成本高，周期长；监控点调整需要重新布线放缆，人工费用成本高

综上所述，现有 WiFi 或 4G 网络不支持移动场景下超大带宽和低时延能力，无法解决以上业务难题。

解决方案和价值

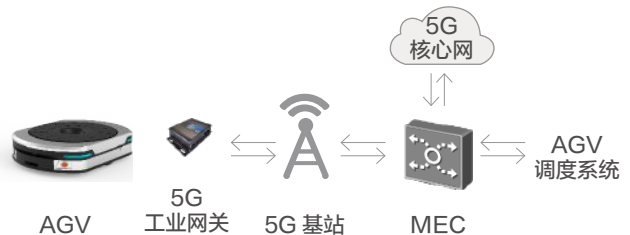
2020年6月起，项目针对美的微清事业部生产园区内智慧仓管/物流、5G的云化PLC、园区安全监控、生产巡检机器人、5G机器视觉AI、5G产线设备AR辅助、扫码枪管理、生产MES看板、生产数据采集管理等业务场景进行深入研究，并根据场景需要进行5G网络覆盖，开展以上新应用场景的5G工业运用。

01 智慧仓管 / 物流

① 美的成品仓货架共有五层，需高位叉车用于货品的上架、下架，现有 20 多台高位叉车。因货物运输频繁，每台高位叉车需与 WMS（仓储管理系统）进行信息交互。叉车上配置定制化 PC 终端，通过 5G 网络实现叉车作业系统与 WMS 通信，实现物流调度信息的实时同步。



② 仓库内 AGV 路径：从注塑车间到车间内的仓库，从仓库到车间门口，共需 AGV11 台。原使用企业内的 WiFi 需认证，同时考虑隔离，当前针对每个项目均独立部署一套 WiFi 局域网，并不便于 AGV 设备大范围、跨区域调配。目前应用 5G 网络，支撑 AGV 到调度系统服务器的实时信息同步（小车任务下发指令，小车状态管控，信息反馈），使 AGV 小车全作业区域运行具备先决条件。



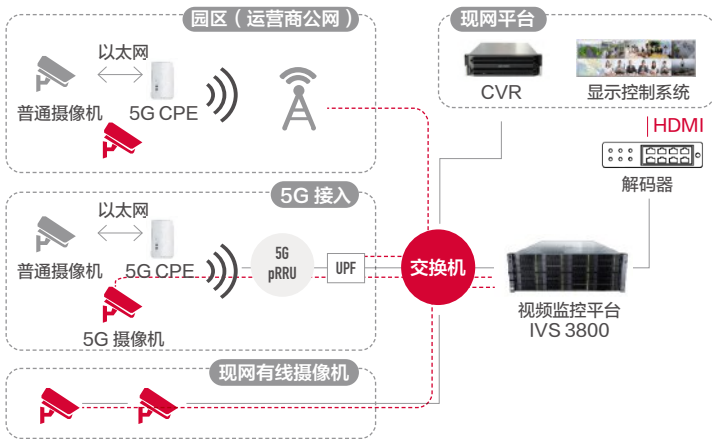
02 基于 5G 的云化 PLC

当前 PLC 现状“一高两难”：布线成本高，运维困难，工业控制协同难。以码垛机为例一层楼只有 2 个码垛机线，一出问题，导致整个生产停下来；5 个大机柜，工控 PC 机 4 台，连线复杂，成本高，散热困难，不敢关门；PLC-SCADA-MES 多级架构交互复杂，编程和调试都困难，容易出问题。

现在通过云化 PLC，实现“无线自动化产线”，解决“一高两难”。无线化产线：布线简单，成本低，占用空间小；产线调整快：根据业务需求，快速调整产线布局；业务协同简单：云端统一 PLC 编程，效率高，数字化。



03 5G+ 园区安全监控



现有园区监控固定回传成本高：采用视频光端机 + 裸光纤或 XPON+ 光猫方式，12 芯光缆每公里平均 8-10 万元，其中挖沟成本 3 万元左右，节点扩展不灵活；PoE 供电在线率低，维护成本高；现有 4G 上传带宽有限，难以支撑多路高清视频应用。

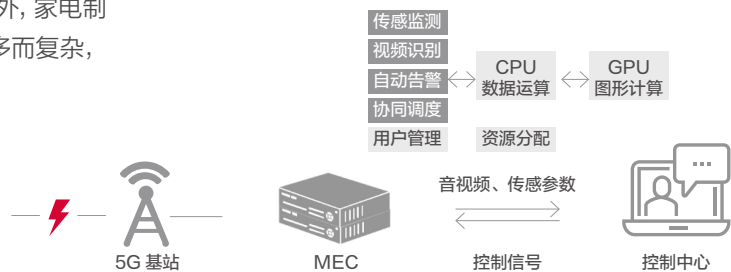
通过 5G+ 云实现了监控能力提升，具有如下价值：无线方式，可以按需部署视频监控节点，包括移动监控等模式；5G 提升上行带宽，支撑高清视频、更精细视觉识别等应用；云存储、GPU 等云服务能力支撑海量数据存储、视频 AI 分析。

04 5G 生产巡检机器人

美的微清制造园区占地 50 万平米，厂区每次巡逻需 30 分钟，夜晚或节假日期间，保安人员收到警报后需在最短时间内赶到现场确认警报真实性。工作量大；制造车间的生产设备和物流设备众多，需要定期安排巡检人员到各个制造车间现场巡检和维护，确保生产线和物流线的各类问题及时解决，潜在运行故障风险及时排除；另外，家电制造车间面临噪音大、异味、高温、空间狭小、设备多而复杂，

视觉环境差、作业面积广等问题。

通过集成 5G 的巡检机器人实现了移动部署，利用巡检机器人代替工人对产线运行情况进行巡检，节省人力，同时可以保证 7*24 小时全天候巡检，提升车间故障解决效率，避免恶劣生产事故发生。



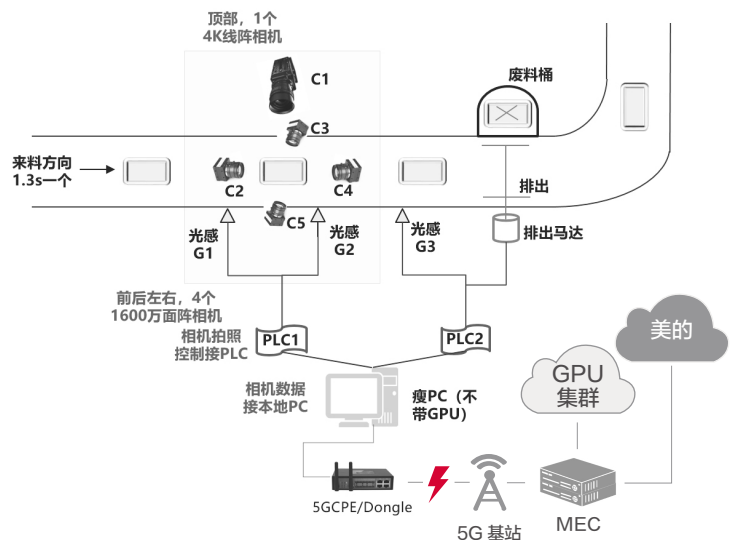
05 5G+ 机器视觉 AI

根据产品工艺要求，微波炉底板螺钉、微波炉面板冲压件有机器视觉质检要求，微波炉面板冲压件压制后，需对冲压件的外观进行检查，当前采用的是前后左右和顶部各放置一个相机进行视觉检查，目前存在人工周期抽检（30 分钟 / 次）质量无保障、不良返修率高（日均 @300-500PCS/2 万）、高报废率（抽检期间冲压问题易批量报废）、工控机贵（本地 AI 计算机贵 @1W5/点）场景业务痛点问题。

通过 5G 网络，可以满足产线机器视觉检测的以下要求：

带宽要求：根据节拍速率、照片大小、数据传输、云端处理时间等因素计算得出，5 个工业相机检查图像信息实施传输（12MB+7MB*4=40MB=320Mb，假设 0.5s 传输完成，上行带宽需求 =640Mbps，通过叠加视频视频算法后需要 150Mbps）；

MEC 处理能力要求：假设 AI 图像推理计算时间为 0.1s，MEC 上 GPU 算力需求要相应匹配；可靠性要求高。

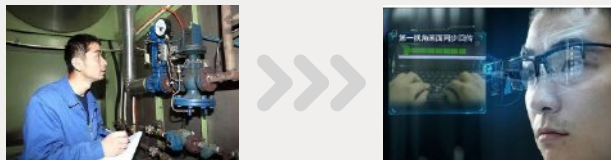


06 基于 5G 的 AR 辅助点检

美的集团微清事业部生产设备需定期点检，确保隐患和缺陷能够得到早期发现、早期预防、早期处理。

- 1 点检工作覆盖各个车间，每天例行进行两次。点检项目多（如钣金车间，设备 80 多台，每台设备点检项 10 多个，共有 800 多个点检项目），细节多，容易错检、漏检；
- 2 点检且存在环境恶劣、安全风险高、易疲劳问题，容易出现点检员疏忽或者随意应付的情况；
- 3 点检过程和结果基于传统工单，无流程记录，难以取证。

基于 5G 的 AR 点检实现了流程化和数字化：在每个点检项目位置贴条形码，AR 眼镜扫描条形码后，AR 眼镜显示该点检位置的所有点检项，以及每个点检项的描述、正常状态的图像，声音提示等。点检过程中，AR 眼镜在作业过程中解放双手并可以进行第一视角的视频和图片实时上传记录。通过以上手段从而实现点检的全流程标准化



通过智能眼镜的第一视角拍摄，近眼内容显示、智能扫码，语音识别，手势识别，语音交互，物体识别等功能，现场工作人员可以解放双手进行更灵活更复杂的作业动作，更直观更快速地获取工序引导、位置标注、设备信息、报警提示、后台指导，更便捷更准确地记录设备现场状态，点检结果，突发事件等。

和数字化管理。

5G 低时延确保相关显示信息的实时反馈，大带宽确保相关点检视频实时上传。

07 基于 5G 的 AR 机器维修辅助

磁控管是微波炉的核心器件，磁控管厂的生产制造大量依赖于自动化设备。自动化设备故障率高（各类设备一天内故障的总数为 40 次），在晚上或周末时间，由于值班工程师数量有限，且同时负责其他工作内容，产线工人缺乏快速有效的指导对故障进行快速恢复，导致停线，影响生产效率。

现场问题 / 故障处理成本高时效性差：专家资源有限，无法快速满足现场支撑需求，且相应及时性差，现场人员无法及时准确获取被巡检设备的实时状态，同时专家到现场的差旅成本高，占用专家资源时间长。

5G AR 远程维护指导应用场景主要是产线工人佩戴 AR 眼镜，将现场情况和设备情况第一视角传到不在现场



的工程师，工程师实时看到现场画面，可通过实时标注方式，协助指导问题快速解决。相关数据实时上传记录，工程师可实现 1 对多的支持。

经验总结与后续计划

5G+ 云化

减少本地端设备如本地 PLC、AI/ 定位本地服务器等硬件成本和维护成本。

无线化

减少有线网络建设和扩容成本（线槽铺设、线缆布放）和维护成本，上层交换机端口成本。

柔性化

产线调整成本，减少停线造成的生产损失。

5G 收编其他制式

节省 WiFi/UWB 等其他制式的无线网络部署成本。

效率提升

降低人力成本，提升运维效率，调度效率，物料和资产周转率。

湖南华菱湘钢 5G 智慧工厂



5G 网络给我们搭建了一条信息高速公路，实现了湘钢大工厂元器件连接。5G 网络让设备“智能运转”，产生了多赢的效果。

喻维纲
华菱湘钢常务副总经理

合作
单位



案例综述

华菱湘钢始建于 1958 年，产品涵盖宽厚板、线材和棒材三大类 400 多个品种，具备年产钢 1400 万吨的综合生产能力。目前已经发展成为湖南单体规模最大的国有企业，也是全球最大的宽厚板制造基地。

华菱湘钢拥有钢铁全流程的先进技术装备和生产工艺，但在效率提升和降低能耗方面都遇到了瓶颈，同时钢铁厂的高温高危环境也让年轻人不愿意进入钢铁厂工作。为进一步提升生产力、降低能耗、改善工作环境，并提高员工的工作幸福感和获得感，华菱湘钢下定决心要充分利用 5G、AI、大数据、云计算等 ICT 技术进行全流程、全业务的数字化升级，打造钢铁行业的智能工业互联网平台。

一方面推动华菱湘钢的高质量发展，另一方面也推动钢铁行业向智慧钢铁、绿色钢铁方向发展。

2019 年 9 月，湘钢、湖南移动、华为公司“拥抱 5G 时代，共建智慧工厂”合作协议签约仪式在湘钢举行。湖南移动为湘钢实施“三大基础工程”，建设“三大智慧平台”，打造跨界合作智慧工厂标杆案例。

2020 年 6 月，湘钢、湖南移动、华为公司三方在五米板厂二期项目中继续探索 5G 应用，充分证明了行业客户对 5G 在钢铁行业发挥的现实作用的认可，以及未来持续提升行业效能创造价值的信心。

行业挑战

华菱湘钢的主要生产线基本实现了自动化，但如果要进一步推进智慧钢厂的建设，受制于生产厂区范围大、生产环境苛刻、电磁屏蔽严重，传统无线信号存在干扰导致传输丢包严重，无法满足目前对网络带宽和实时性的要求，导致很多作业还是需要人工进行操作，推进智慧钢厂的 5G 智能制造建设已迫在眉睫。针对钢铁生产过程的特点，5G+ 行业智慧改造重点关注以下几方面：

一线操作自动化/无人化钢铁生产流程中有很多岗位，环境恶劣、强度大、高温危险。对于这些操作岗位，实现机器替人或者无人化对于安全人文关怀等方面都是有益的。

连接未连接：冶金核心设备对于生产的安全性和稳定

性极为关键，常规采用的定修点检制，既降低了生产效率又增加了检修人员的工作强度。受限于传统安装条件和带宽所限，一些震动、旋转设备上并没有安装传感器，或者传感器信息量较少。若在核心设备都装上传感器，多设备的实时工作状态、参数都上平台进行集中监控，点检员可以通过手机等设备时时检查，及时准确了解设备的工作状态。

网络连接是工厂数字化、智慧化的前提：连接由有线为主向无线为主过渡，由多种接入方式整合为以 5G+ 光纤共存的模式为主，共同打造低时延、高可靠的基础网络。连接是实现全要素各环节深度互联的前提。

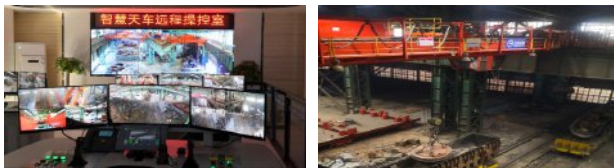
解决方案和价值

2019年，项目首先在五米宽厚板厂区范围室外、室内转炉主控楼、炼钢废钢跨和渣跨区域实现5G全覆盖。通过摄像头的高清视频传输和PLC之间控制信号数据传输，优先开展了几种应用场景的验证，例如远程/无人天车的操控、高危区域高清视频监控。2020年，在一期的基础，又增加了多元数据的采集、基于AI机器视觉的质检等几种应用。

01 5G+ 智慧天车

天车集装卸、搬运、运输功能于一身，是钢铁生产最主要的设备之一，也是决定钢厂高效运转的关键因素。天车经常运行在厂房内的高空，过去需靠人工在天车操作室里操作，不但效率低，且工作环境恶劣、危险。为了提高效率，消除作业风险，发展无人化天车系统已是必然趋势。

在无人天车远程操控中，通过天车上安装的3D扫描仪、测距仪、编解码器和多个高清摄像头，结合激光3D轮廓扫描技术，获取周边物料、车辆、车斗高度及装卸位置信息画面，通过超大带宽超高速率超低时延的5G网络实时将数据传输至服务器端，进行数据处理并建立三维模型，计算出动作指令集，下发给天车执行，实现天车无人



化自动装载运输。5G天车远程操控可解决工业Wi-Fi覆盖及容量不足、抗干扰能力差、光纤铺设困难、成本高、维护复杂等问题，同时极大改善了职工的工作环境，显著提高人工劳效。

02 5G+ 高清视频监控

基于保护厂区财产、人身安全和更方便的管理。智能视频监控系统可以针对重要特定区域、通道、出入口进行图象监控并通过存储设备保存，以便日后调查取证查看，是保存重要证据的有力手段；厂内视频监控是生产调度系统的重要组成部分，通过与调度终端、生产数据等子系统进行深度整合，满足生产企业对日常生产调度、安全事件监控和应急处置的需要。



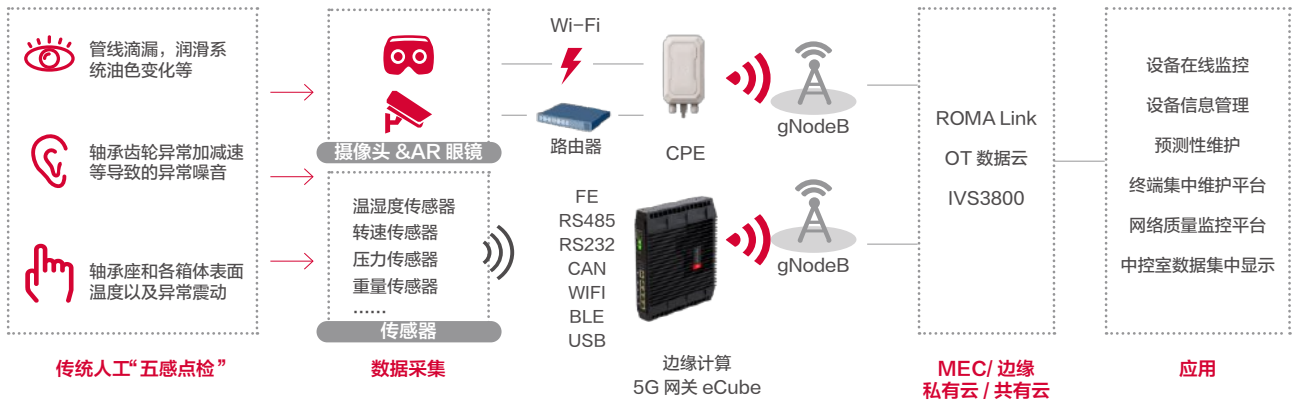
多场景视频监控

03 5G+ 多元工业数据采集

为了满足钢厂业务长期、稳定、可靠的运行，需要在钢厂各关键设备布放多种类型的传感器，实时监控震动、温度、湿度、气液体流量等关键信息，从而能够及时发现并且解决问题。不同的传感器采用不同的工业协议，网络传输方式和架构也不一致，很难对采集的数据进行统一的管理。

为此，采用5G数采方案，能够通过统一的边缘计算

网关，基于丰富的工业接口，实现工业场景下多类型传感器数据的采集和协议转换，一站式解决企业IoT设备接入问题。利用5G低时延无线传输（<50ms），避免厂区复杂环境的布线，极大提升部署、异常检修和维护效率；结合边缘AI+容器化技术，适配企业未来多元化需求，助力便捷实现统一管理维护、应用能力增强、智能分析和持续创新；并实现端到端业务质量和链路质量可视、可管。



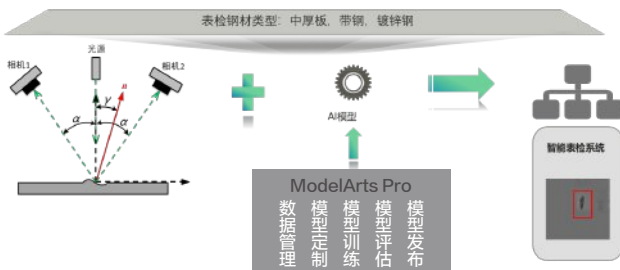
04 5G+AI 机器视觉

钢材表面质检

随着工艺发展以及人对质量诉求越来越高，钢材表面质量检测已经变成必备工作。例如汽车面板的表面缺陷不能大于 2 处，家电钢板更要求表面“0”缺陷。

现阶段工业品的质量检测基于传统人工检测手段，稍微先进一点的检测方法是将待检测产品与预定缺陷类型库进行比较，上述方法的检测精度和检测效率均无法满足现阶段高质量生产的要求，缺乏一定的学习能力和检测弹性，导致检测精度和效率较低。而且由于计算能力较弱，4G 的时延过高、带宽较低，数据无法系统联动，处理都在线下进行，耗费极大的人力成本。

基于 5G 的大带宽低时延，通过 5G+AI+ 机器视觉能够观测微米级的目标，获得的信息量是全面且可追溯的，从而大幅提升产品质检的效率和准确率。



转钢自动识别

钢厂在炼钢过程中，有一项主要的工序是成形轧制工序，也就是沿板坯长度方向或宽度方向进行 1 ~ 4 道轧制，把坯料轧至所要求的厚度。这道工序当前主要是由人工操作完成，需要工人 24 小时轮班值守，并且一旦出现工人的误操作或者操作慢的情况，就会影响效率。采用 AI 转钢自动识别的应用，能够通过 5G+AI 摄像头，自动识别转钢的方向，自动控制系统根据视觉识别输入控制钢坯转动，从而节省人力，提高钢铁的轧制效率。

AI 转钢自动识别应用系统主要由 5G 摄像头、PLC、无线接入、自动控制系统、算法预处理服务器、集中监控中心和云端 AI 训练平台组成，从而能够通过云端进行算法和模型的学习，下发策略到园区内的服务器，通过摄像头采集的图像进行 AI 视觉判断，从而给控制系统提供相应的指令依据，做出转钢动作、角度等精准的判断。



经验总结与后续计划

华菱湘钢 5G 智慧工厂项目是湘钢打造的智慧化 4.0 时代实现智慧型节能生态的“两型”示范企业的重点项目，也是目前国内首个钢铁行业实现商业正循环的 5G 行业互联网应用项目。

华菱湘钢项目在 2019 年 9 月实现商业首次落地后，在 2020 年 6 月通过二期项目，不断扩大 5G 应用场景，充分体现了客户对 5G 在钢铁行业发挥的降本增效作用的认可，以及未来持续提升行业效能，创造新价值的信心。



基于 5G 独立核心网的 宝钢湛江钢铁高质量 工业专网及应用创新

智慧钢厂推进过程中，离散的点、移动设备、移动的人三类对象是数据感知的瓶颈，基于 5G 的无线网络为这三类对象的互联互通提供非常便捷的通道。湛江钢铁致力于构建一张 5G 工业专网，实现人、设备等安全互联，赋能企业质量、设备、物流、能环、安全 5 大核心要素，进一步提升企业智慧制造的水平。

郭小龙

宝钢湛江钢铁有限公司副总经理

合作
单位



ZTE中兴



案例综述

宝钢湛江钢铁有限公司是“宝山钢铁股份有限公司”四大基地之一，位于广东省湛江市东海岛，厂区占地面积 12.58km。湛江钢铁全面贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想 and 党的十九大精神，响应国家供给侧结构性改革要求，实施创新驱动发展战略，推进智慧制造和清洁生产，努力成为钢铁业高质量发展的示范基地。

我国钢铁行业面临着“去产能、提质量、优结构”的转型目标，通过智能制造，实现由钢铁大国迈向钢铁强国的转型是发展主流趋势。广东联通结合湛江钢铁的智慧制造

整体规划和生产管理具体需求，联合 5G 行业生态为其量身定制了全球首个以 5GC 独立核心网构建的工业专网，通过独立下沉的核心专网，实现园区内生产数据与个人数据的物理隔离，并在高质量专网基础上，验证孵化 5G 工业终端，持续研发 5G 工业生产应用创新。该案例在国内首创了配置企业级专网自服务自运营平台，进一步释放专网的自服务，自配置，自管控，自规划等运营能力，实现用户对专网的全方位管理。通过 5G 网络，助力湛江钢铁打造成世界一流智慧钢厂。

行业挑战

钢铁生产是一个将资源，空间，时间，温度约束融为一体的动态复杂生产系统，在这种复杂的生产过程中，伴随着高温，高压，高粉尘，易燃易爆等综合高危场景。这对生产网络的规划和建设提出挑战：

1. 网络安全稳定要求高：钢铁行业标准要求高，安全指标苛刻，对 5G 网路的可靠性和稳定性提出严苛要求，在钢铁行业全面快速推广有较大难度。

2. 工业级 5G 终端发展慢：钢铁行业作业地区多数都

有高危、高温、高粉尘、易爆的环境特性，因此传统的 5G 终端无法稳定持续地保持工作续航，稳定可靠的 5G 工业终端。

3. 5G 行业应用孵化周期长：基于钢铁流程生产的连续特殊性，对 5G 应用在真实生产场景下孵化实践处于谨慎的状态，每一个应用都需要较长时间的验证才可以进行测试上线，应用孵化时间长，不利于 5G 应用在行业上的快速推广。

解决方案和价值

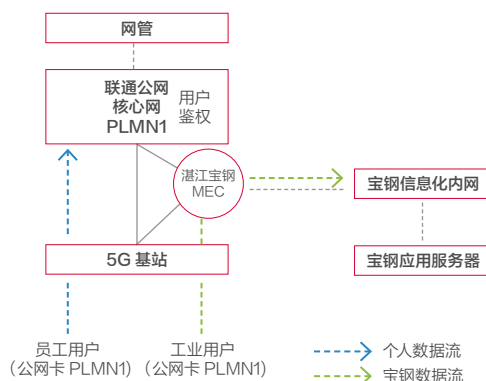
根据湛江钢铁智慧制造业务场景及厂区员工的需求，广东联通为湛江钢铁制定了 5G 工业专网的方案，方案有如下两种可选方案：

01 下沉 MEC，共用运营商公网核心网

此方案网络的主要架构是核心网与运营商大网共享，MEC 下沉到工业园区。

员工用户和工业用户都使用联通配置的公网卡（配置 PLMN1），用户鉴权都由运营商公网核心网进行，都具备公网数据、语音、短信能力；

工业用户数据业务直接通过园区的 MEC 分流到企业内网服务器，确保数据不出园区。

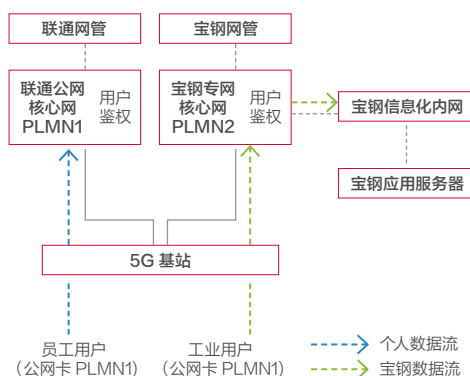


02 园区独立 5G 核心网，与大网隔离

此方案网络的主要架构是园区建立独立专网核心网与运营商公网完全隔离。用户终端要接入通信网络进行业务需要先完成用户鉴权，用户鉴权由终端读取 SIM 卡中的参数（PLMN、IMSI、密钥等）并与对应的核心网互相鉴权。所以两个隔离的核心网必须使用对应的用户卡才能接入网络，使用服务。

员工用户使用联通配置的公网卡（配置 PLMN1），用户鉴权由运营商公网核心网完成；正常使用公网数据、语音和短信业务。

工业用户都使用宝钢专网配置的专网卡（配置 PLMN2），用户鉴权直接由宝钢专网核心网完成；具备数据业务能力，数据流直接通过宝钢专网与企业内网服务器对接，数据不出园区。



通过 5G 工业专网的搭建，湛江钢铁实现了与大网物理隔离，确保了生产数据的安全，同时在国内首创了配置企业级专网自服务自运营平台，进一步释放专网的自服务，自配置，自管控，自规划等运营能力，实现用户对专网的全方位管理。

基于成熟的网络和合作伙伴共同研发工业级 5G 终端，广东联通与湛江钢铁共同探索 5G 在钢铁行业应用，目前已经规划应用场景约 51 个。其中大型鼓风机在线监测，一级高危检修监测、5G+AR 智能巡检等共 5 个工业应用已规模上线。



5G 大型鼓风机在线监测

大型鼓风机作为钢厂作业中重要的设备，其安全稳定运行对炼钢流程有重要作用。风机的运作产生巨大的数据，过去传统 4G 无法做到实时数据传输及在线监测，只能依靠人工每天定时巡检，由于巡检质量的不可控，发生故障的时候排障效率较低。现在，利用 5G 大连接特性实现全厂鼓风机在线检测诊断。

5G 价值：提升故障预警率达 90%，提升运维时效达 50%；



5G 一级高危施工实时监测

大型钢铁厂区有大量的日常户外作业和巡检维修，大部分作业为移动性作业，且作业环境大多为高温，高危，高空等，施工人员的作业安全为安全生产带来极大威胁。传统 4G 网络带宽不足以支撑高清实时监控，仅可以作为事后原因回溯，项目通过针对全厂 152 个一级高危作业点，5G 全程在线监控，可实现平台化实时监测，后续将进一步

通过集成 AI 行为检测,当施工人员出现违规动作时,将会对后台与施工人员本身发出预警,有效降低安全事故的发生。

5G 价值: 将安全事故预警提升 30%。



5G+AR 智能巡检

钢铁园区日常运维工作量巨大,对现场维护检修人员的专业水平要求高,利用 5G 网络低时延特性,集成高清摄像头与语音通话等功能的 AR 眼镜。实现现场排障人员与后端平台技术专家的在线实时交互巡检。

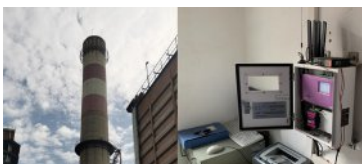
5G 价值: 大大降低现场检修人员的技术要求等级,优化人员生产力,实现园区设备智能巡检,排障成功率提升 65%



5G 皮带机器人智能巡检

厂区皮带机距离较长,现场环境恶劣,传统人工巡检效率较低,发现问题后无法及时进行故障诊断,通过集成工业级高清摄像头的巡检机器人,利用 5G 网络将巡检影像实时传输到后台,实现精准故障定位。

5G 价值: 提升了巡检效率,排障效率提升 60%。



5G 厂区环境粉尘实时监控

厂区炼铁厂烧铁区因生产需要,会排出大量的粉尘,对厂区环境造成一定的影响,针对这一问题,湛江钢铁在烧铁区搭建粉尘检测仪,通过 5G 网络对环境进行实时监控。

5G 价值: 有效实时控制厂区环境粉尘含量,助力实现绿色生产的严格要求。

主要创新点

全球首例以 5GC 核心网下沉构建的工业专网,以真正的物理隔离保证客户的数据安全。

通过构建企业级专网自服务平台实现客户对工业专网的自服务,自配置,自管控,自规划的全面管理。

依靠 SA 端到端切片能力确保数据业务的可靠传输,打造安全优质的 5G 网络,通过 MEC 下沉,以开放的算力与平台推动钢铁行业超 32 个 5G 行业应用的融合创新。

经验总结与后续计划

本项目的成功实施,得益于抓住了钢铁行业智能转型的时间节点,采取通过 5G 赋能钢铁智能制造实现转型,实现了以湛江钢铁为牵头的 5G 钢铁行业探索,目前,借助 5G 工业专网及孵化 5G 钢铁行业应用,已经为厂区实现了提质量优结构的改善,进一步推动了湛江钢铁智能化转型。

作为宝武集团创新示范基地,湛江钢铁 5G 应用的成功落地,为钢铁智能制造提供了宝贵经验,并在宝武集团内可快速复制推广;同时,5G、工业互联网技术的普及应用,极大推动 5G 产业链的成熟;钢铁工业是国家战略性基础行业,本身存在技术难度大。安全要求高的特性。5G 在钢铁行业的成功应用对整个制造业 5G 应用推动都有着积极的意义,钢铁行业的智能化发展将大力助推中国制造业高质量创新发展。

后续,湛江钢铁将继续与广东联通进行深度合作,在以下几个方面发力:

- ① 为进一步确保 5G 工业专网的安全性,广东联通将通过部署第二套 5G 独立核心网设备,实现 5G 专网的电信级容灾,确保湛江钢铁的 5G 工业专网在遇到突发情况下依旧可以保持稳定的运行,不影响在线业务的正常交汇。
- ② 针对钢铁 5G 应用对网络需求特性的分类,将通过网络切片能力,实现 SA 端到端切片保障,确保同类数据业务的可靠传送,有效优化网络支援的最大化。
- ③ 当前 5G 应用主要承载于宝钢的数据中心,下一步将通过 5G MEC 平台的独立下沉,配置边缘云管理平台,以开放的算力推动 5G 应用创新,通过融合产业生态输出更标准化应用算法资源,实现 5G 应用的快速孵化创新。
- ④ 依托逐渐成熟的 5G 产业链,湛江钢铁与广东联通将继续探索 5G 在钢铁行业的应用落地,未来将实现厂区 5G 人员精准定位、厂区无人机巡检等更广泛的 5G 应用,助力湛江钢铁成为世界一流 5G 智慧钢厂

海螺集团 5G 智能制造



5G 与以往几代通信技术的一大不同，就是 5G 网络能力与 AI/ 云 / 机器视觉 / VR 等水平技术的结合，以满足各行各业的数字化转型对网络性能 / 可靠性 / 安全性等不同层次的需求。中国电信联合各生态合作伙伴，打造海螺集团 5G 智能制造项目，将 5G 与工业互联网相结合的场景化解决方案应用于水泥原料开采 / 产品生产 / 港口发运的全流程中，充分验证了 5G 技术在流程制造业领域可以发挥的重要作用。未来我们将与合作伙伴携手，共同推进产业发展，将 5G 技术融入生活和生产，共同创造更加智能的未来世界。

郑家升
中国电信安徽公司副总经理

合作
单位

CONCH
海螺集团

中国电信
CHINA TELECOM

HUAWEI

青牛云智
TsingNew

SUNWIN
赛为智能

案例综述

水泥是国民经济建设中不可缺少的重要建材产品。我国是水泥生产和消费大国，水泥产量占世界水泥总产量的 60%，近年来基本保持稳定在 23~24 亿吨左右，2019 年全国水泥主营业务收入 1.01 万亿元，同比增长 12.5%。作为国民经济的重要基础产业，水泥工业已经成为经济社会发展水平和综合实力的重要标志。

海螺集团是我国最大的建材企业集团之一，位列中国制造业 500 强第 38 位，年产水泥 3.53 亿吨。海螺集团积极拥抱应用 5G 技术改造传统产业的大潮，与安徽电

信、华为公司联手合作，在海螺水泥矿山、厂区和港口开展 5G 网络和应用实践，并在业务安全化、业务远程化和业务 AI 化等方面进行了积极的探索。

38 位

中国制造业 500 强排位

3.53 亿吨

年产水泥

行业挑战

水泥智能制造行业的生产运行在目前存在诸多挑战，比如单体智能设备尚未普及，成系统的智能设备集群基本没有组建、大多数水泥生产厂商尚处在“自动化 + 人工参与”阶段，主要问题表现在：分布式控制系统（DCS）信息采集信号少，矿山开采和管理粗放，物联网设施落后，关键参数人工操作，人的差异影响生产，质量检测周期长、滞后大，人为影响因素多。海螺集团水泥智能工厂 5G 建设实践及应用探索实践表明，这些关键挑战性问题的解决，

亟需 5G 赋能。海螺集团与中国电信、华为公司强强合作，于 2019 年 8 月在芜湖和全椒水泥工厂启动 5G 网络建设，大幅升级基础连接能力，并基于此来更好地落地云、计算、AI 以使能全场景智能，成功快速推进了矿车无人驾驶、矿区爆破无人机巡检、关键区域高清视频监控、人员安全行为检测、水泵远程控制、码头装船远程操控等多个涉及业务安全化、业务远程化和业务 AI 化的应用落地。

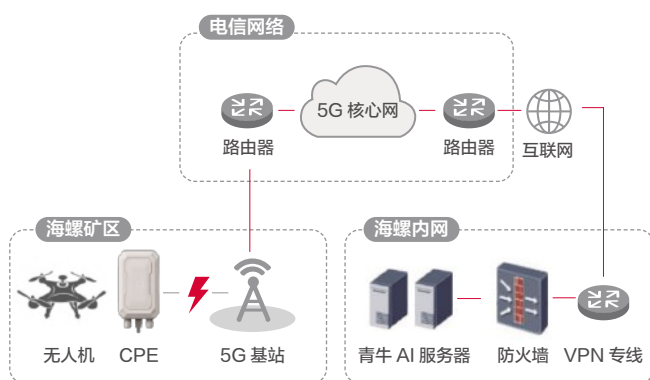
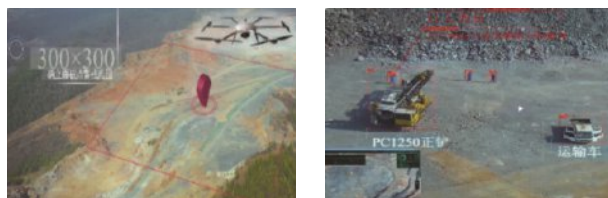
解决方案和价值

01 无人机 AI 爆破巡检 + 地形采集

水泥矿山开采爆破之前,需要拉警戒线避免人员闯入,传统依靠人工巡检方式效率低且无法完全杜绝人员误入。

海螺首创矿区无人机爆破巡检和地貌更新分析应用,首次在地表矿爆破中进行了应用,此项创新不仅可以应用于水泥这种非金属地上矿场中,也可以应用到其它地上矿爆破场景中。无人机通过 5G 将监控到的矿场高清视频传送到天翼云 AI 平台进行分析,当分析到爆破范围内有人或者设备,AI 系统将通过一体化 AI 平台进行报警。爆破完成后,无人机还可以采集 GIS 地形变化,更新 3D 模型,指导矿山后续的爆破和开采。

在这个应用中,通过 5G 超级上行技术保证了在多变的地形中 5G 的覆盖与带宽,将原来 AI 识别 500 米范围扩大到了 2 公里,通过无死角的大范围监控,减少爆破警戒人员,避免人员安全事故发生,提升爆破后地形数据采集效率,实现了未来无人矿山一体化管理的关键一步跃迁。

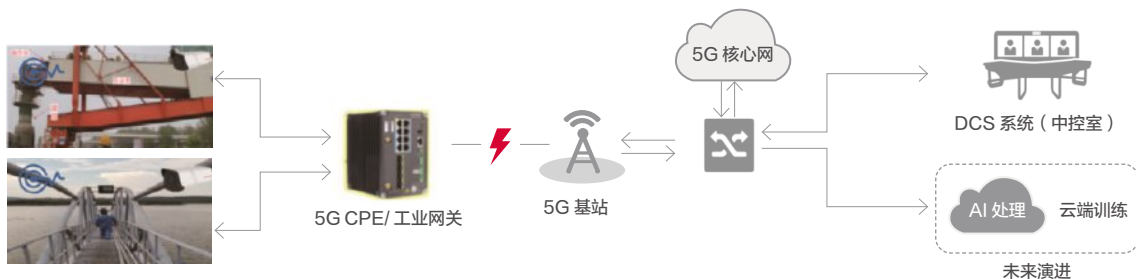


02 5G 工业互联网 - 水泵及港口装船机远控及数据采集

通过对 10 公里外的水泵进行数据采集,将 PLC 控制信息,现场视频,水泵转数,出水量的相关数据连接到控制中心的 DCS 控制系统中,远程对水泵进行关停,而且节省了长期在现场维护水泵业务的两个员工开销。

基于长江货物运输,河港系统中的装船机进行了 5G

远程控制改造,每台装船机部署 4 个摄像头点位,视频回传后由 AI 算法辅助识别船舶状态,溜筒位置,堆料位置等关键信息,以辅助人工远程操作,将装船机控制端后移,大大提升装船效率。



03 5G+AI+云+高清视频实现多业务场景智能制造

利用 5G 的大带宽、高可靠性特点,对水泥制造和园区安全,生产过程中需要人力监控的点进行了判断,通过 AI 开发出专门算法,在堆料口堵塞,传动带抽丝检测,冒灰污染检测,翻斗阀检测等方式进行了机器视觉应用开发,同时针对园区人员不安全行为,也都增加了 AI 安全检测,

当报警达到阈值,或 AI 识别出人员不安全行为,会实时告警。

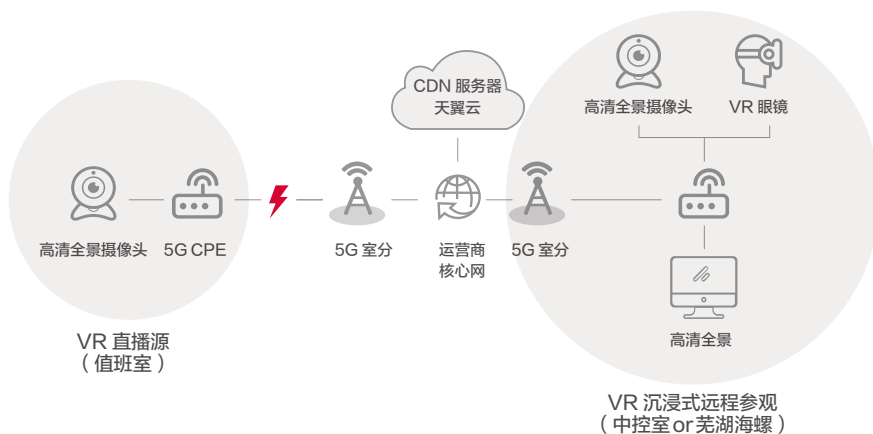
通过 5G+AI 提升生产效率,可减少超过 5 人工的产线巡检,巡检和监控效率提升了 3~4 倍,同时 95% 的概率避免人为和机械事故造成的事故损失。



04 远程 VR 参观

海螺厂矿区时常承接中小规模的参观需求。为了不干扰正常生产，避免出现不必要的安全事故，利用 5G 网络大带宽的特点，实现 VR 远程参观应用。中控室、车间值班室及矿山值班室各放置 1 个 360 度摄像头（共 3 个），

中控室放置 VR 眼镜，使用 360 度摄像头采集 2 个值班室的图像以及现场讲解人员的声音，参观者在中控室，佩戴 VR 眼镜远程观看。



经验总结与后续计划

在海螺集团的 5G 部署实践中，特别值得一提的是超级上行技术的应用。该技术使靠近基站区域上行速率提升 20%–60%，小区边缘弱覆盖区域可提升最高 300%。得益于此，结合 AI 保障实时视频清晰度和精准识别，爆破警戒覆盖范围从原先 500 米扩至 2 公里。该技术已经联合申请专利，并正在推动成为全球 5G 技术标准。

“5G+ 工业互联网”在水泥行业的应用尚处在探索初期，初步形成了一批典型的应用案例，随着 5G 技术的进

一步成熟，产业应用的进一步探索，商业价值的逐步显现，“5G+工业互联网”必将成为水泥行业数字化转型的主要推动力和重要途径。

项目后续计划深入水泥生产流程，利用工业互联网平台，实现生产流程中 15000 多个数采点的工业大数据链接汇聚，完成数据治理和决策协助，使水泥生产在安全、环保、效率、智能上有质的飞跃。



云南神火铝业 5G 智慧工厂

在云南神火建厂初期就明确着力打造“装备一流、工艺一流、管理一流、环境一流”的绿色水电铝新型智慧工厂，并结合 5G、边缘计算、大数据、AI 等先进技术，让云南神火智慧工厂既要高大上又要接地气。

王洪涛
云南神火铝业董事长

合作
单位



ZTE 中兴

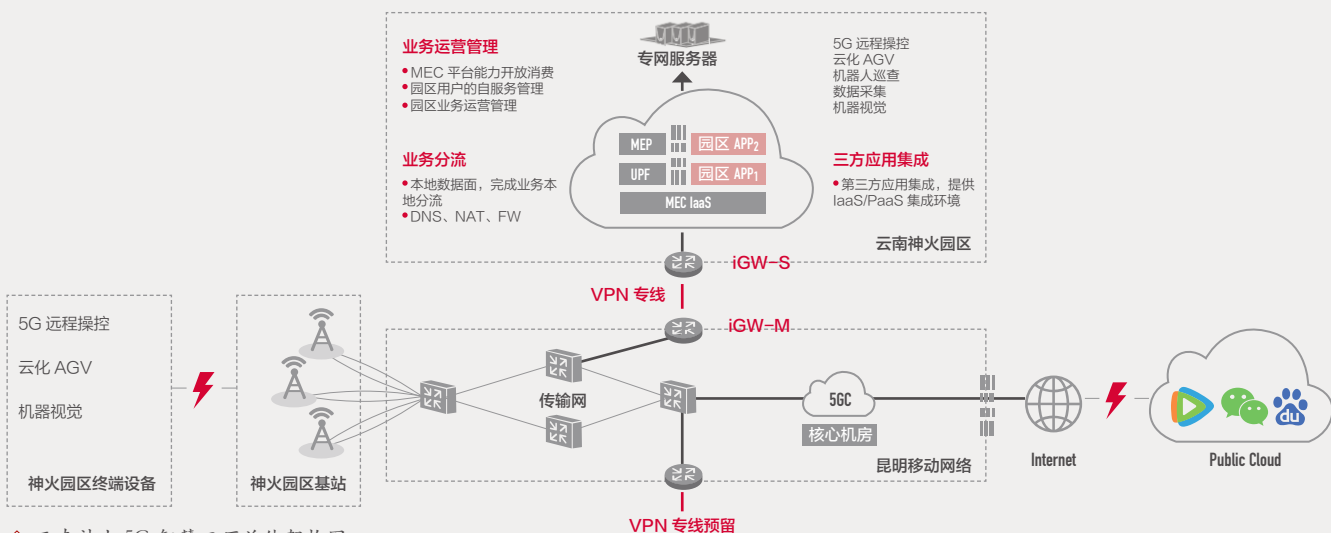
案例综述

2020 年 6 月云南神火与中国移动、中兴通讯正式启动智能化示范工厂项目的建设，逐步实现以科技聚拢生态和产业链条、带动物流、铝加工等相关产业发展。云南神火智能工厂建设依托 5G 网络及 MEC 边缘计算为核心，辅以工业互联网平台、数字孪生、大数据、AI 等能力，不断孵化 5G 创新应用。

云南神火 5G 智慧工厂建设目前已依托中国移动完成七个 5G 宏站的 5G 网络覆盖，园区 MEC 已完成商用部署，同时云南神火 5G 智慧工厂未来两年建设规划已经完成，逐步实现以 5G 作为整个智慧工厂的粘合剂，从云网协同向云网融合发展，以实现云南神火铝业园区内包括：网络资源、计算资源、企业管理系统等横向能力打通，以 IT、

OT、CT 三者融合为主轴，再辅之以创新应用和冶炼控制系统的深度融合，推动有色金属冶炼行业突破传统模式下的技术瓶颈并向智能化智慧化方向转型。

项目当前已通过 MEC 边缘环境完成以下创新应用的孵化：基于 5G 的光纤应变温度监测系统 - 电解槽漏液分析、基于 5G 的中频炉 1400℃ 高温精准分析、基于 5G 的天车传送带裂纹监测、基于 5G 的仪表视觉抄表、基于 5G 的天车远程集中管控、基于 5G 的高精度定位等、基于 5G 的环境监测。创新应用基于数据驱动的理念，解决有色金属冶炼过程中工艺控制的不稳定性、设备故障发生的复杂性问题。运用自动化设备提高生产效率，减少人员劳动强度，降低安全事故发生，打造舒适的工作环境。



行业挑战

有色金属冶炼行业是典型的流程工业,具有种类繁多、原料来源繁杂、工艺复杂流程长、工况环境苛刻等特点。总体看,有色金属行业智能制造水平比较落后,难以满足高质量发展的需要,其中,有色金属行业冶炼装备种类和安环敏感源多,企业自动化管控水平参差不齐,尤其是小型企业工艺设备落后、多依赖人工操作,环保治理和安全生产形势严峻部分加工企业的生产及作业数据通过纸质填写,在线监测手段不足,质量管控能力不高,生产组织缺乏柔性。

当前,有色金属行业客户建设智慧工厂所面临的痛点主要集中在工业组网和信息化建设两部分。针对典型的工业组网场景,客户所面临的困难主要是以下三个方面:

信号差 效率低 成本高
线缆部署不便捷 难以支撑柔性制造 部署维护难度大

同时,传统园区的信息化建设偏重垂直、孤立的烟囱式子系统,数据不互通,业务难融合,长期面临着以下痛点:

(1) 综合安防弱: 园区安全、设施设备安全、环境安全隐患突出。

(2) 能耗高: 节能降耗责任不清晰, 缺乏有效的节能手段。

(3) 运营效率低、成本高: 园区管理对象多而分散, 生产车管理严重依赖人。

综合以上传统无线技术的壁垒和诸多传统信息化系统的弊端, 当前工业互联以及智慧工厂急需技术创新的无线通讯技术, 助力企业节能、降耗、提质, 同时可将园区的数据进行本地化卸载和私有化处理, 助力传统有色金属制造业从“端管云”模式向“云边协同”的架构演进。

解决方案和价值

01 园区监控中心



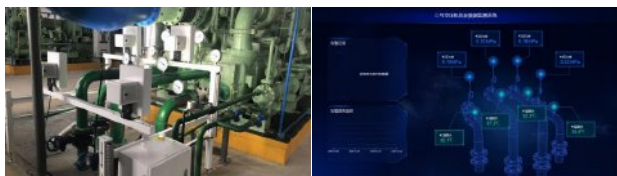
云南神火园区监控中心

监控中心集成视频监控、电子沙盘等软硬件体系, 具备安防监控、环境能耗监控、园区展示等功能, 支持信息发布、应急指挥, 综合的管理、控制和展示园区各更层面的工作。后续园区监控中心将逐步完善, 实现园区现有 27 套子系统接入及 3D 厂区实时动态仿真展示。

02 基于 5G 的光纤应变温度监测系统 - 电解槽漏液分析

通过光纤应变测温系统结合 5G 接入能力, 实现超长时间 -180 到 350° 高温、恶劣环境及超高密度终端传感器的接入。解决原有通讯模式下无法实现的诸如超高密度终端接入、布线困难、数据直接园区卸载不出园区等难题。

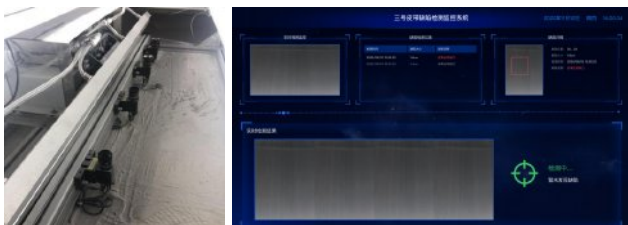
03 基于 5G 的空压机房视觉抄表



云南神火空压机房 5G+ 视觉抄表现场及应用图

利用 5G 网络实现机器视觉及时实现空压机仪表自动读表自动化读表操作。优化人员配比同时打造舒适工作环境, 数字化集中监控, 实时告警, 提高工控管理效率, 以创新保障企业安全生产。

04 基于 5G 的传送带跑偏裂纹视觉监测

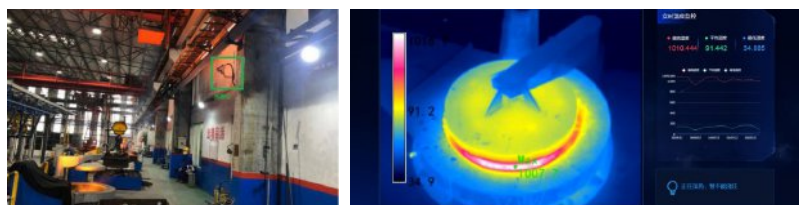


传送带裂纹监测现场部署及应用图

在封闭传送管道中，安装视频采集设备（包括工业线扫相机 / 镜头 / 光源等），并协同自动清洗、灰尘铝屑处理，对传送带表面进行扫描分析，通过 5G 网络传送至机器视觉平台 GPU 运算及专业算法，当出现皮带出现裂纹，进行实时告警、防患未然。

05 基于 5G 的中频炉铁溶液 1400℃精准分析

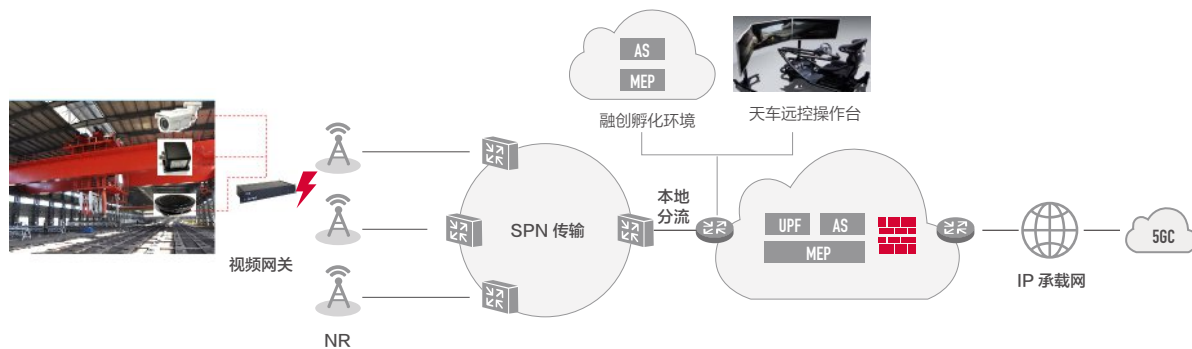
运用专业数字双色性高温摄像头，对熔炉进行非接触式高温测量。通过 5G 网络传送至部署于云南神火机房内的机器视觉平台，通过机器视觉平台 GPU 运算及专业算法实时显示铁水温度，保障在铁溶液 1400 度最佳温度出炉。



云南神火铸造车间中频炉精准分析现场及应用图

06 基于 5G 的天车远程集中操控

云南神火天车当前均采用人工控制方式，普遍存在人工成本高、效率低、危险性高、舒适度差以及天车资源争夺等管理问题。通过氧化铝仓库五台天车的 PLC 改造，将天车的控制信号以及安装在天车车身、墙壁的高清视频捕捉信息通过 5G 低时延能力进行实时回传，从而实现操作员在操作室进行实时控制。



云南神火氧化铝仓库天车远程操控方案

07 基于 5G 的人员、车辆、固定资产定位追踪

云南神火园区人员、车辆、固定资产等管理偏向粗放，园区人员动态分布、人车物的运行轨迹、高危区域的侵入告警以及人员频繁脱离工作区域等情况无法做到精细化管理。

云南神火综合定位系统感知层通过 5G 接入室分定位增强系统和定位标签组成，通过定位标签实现对



云南神火综合定位系统方案

标签的定位，并通过 5G 网关与定位标签的通信信道实现定位基站对定位标签的状态回传以及定位标签上下行的数据。通过本系统可实现对于人员轨迹查询以及事故追溯及安全事故的报告等。

效益分析

云南神火 5G+MEC 有色金属智慧工厂将是国内传统制造转型升级的典范，智慧工厂的建设对提升传统工业起到了积极的意义。

1. 安全生产及产品质量方面有了大幅提升

5G 电解槽漏液监测及能耗分析，增强企业精细化管理，投产后每年预计可节约直流电 100~200kWh/t-Al，结合云南神火优化管理满产投产后每年可节约直流电耗 9 千万度，可以减少 90 多巡检人员；

5G 高温铁溶液视觉精准分析，提升电解阳极铸造工艺，阳极铸造品质提升 15%；

5G 传送带管廊裂纹分析，减少安全事故发生、优化生产效率，且减少安全巡检员 2 名；

5G+MEC 天车集中远程操控，减少天车资源争夺情

况发生，并节约 60% 人力成本。

2. 赋能企业生产，促进技术迭代

神火 5G+MEC 有色金属智慧工厂助力构筑高效、安全的生产现场，自动化生产、智能化管理，为企业与员工打造“零事故”的安全生产现场。机器人换人，智能管理提高安全等级的同时，提升生产效率。发挥新技术动能降低维护成本，优化流程工艺，提高产能。

3. 模式利于复制、标杆效应明显

本方案的成功落地可复制推广到其他电解铝企业和有色金属冶炼企业，同时基于 5G+ 智慧工厂平台构建了未来全产业融合联动的基础架构，5G 的切片专网可实现企业间基于 MEC 的边缘云的汇聚和连接。



经验总结与后续计划

1. 成功经验

云南神火 5G 智慧工厂建设思想切实把握智能生产发展方向与重点，围绕有色金属智能化工厂建设主要环节和重点领域，打造基于 5G MEC 的高质量企业专网及云网融合的创新应用部署环境，通过工业互联网平台横向打通企业生产、管理全要素，向上提供能力接口孵化各类创新应用，帮助云南神火降本增效、优化产能。一站式的集成交付模式及智慧工厂整体架构设计，满足云南神火当前发展需求并预留未来科技发展的兼容能力，同时减少后期项目交付、运维难度。

2. 当前困难及挑战

1) 电解车间强磁生产环境对于电子设备正常工作存在影响较大

电解车间是电解铝厂的核心车间，因此整个厂房在整个强电流的影响下会出现不规则的磁场且磁场强度非常高，导致电子设备工作异常。同时车间内部还有多部多功能天车，天车在车间内作业时，由于切割磁感线，还会产生电流也会电子设备产生影响。这就给 5G CPE 以及融合 5G 模组的

工业网关带来很大挑战。

2) 超级上行场景支持及 5G 模组融合

云南神火机器视觉以及天车远程操控等场景，对于上行带宽有着极大的需求，当前工业相机及 SDI 摄像头集成 5G 超上行模组产品不多，需要积极推动融合产业链推出相关特性产品满足企业特定场景需求。

3. 未来规划

当前《云南神火 5G 智慧工厂两年规划(2021-2022)》已经制订完成，云南神火 5G 智慧工厂从全局、整体层面进行顶层设计，围绕有色金属智能化工厂建设主要环节和重点领域，结合公司自身能力和业务需求等特点，分步实施，有序推进智能化工厂建设。

云南神火 5G 智慧工厂以 5G 企业专网为核心结合电解铝生产工艺特点，未来规划建设内容包括六大模块：智能化工厂基础设施建设、智能化工厂基础平台建设、综合信息化及智能管理系统、工业机器人及智能装备、智能生产管控系统、智能设备运维及安全环保系统。

山东联通东营 胜利油田 5G+ 智慧油田

油田生产信息化系统的投入使用，在提质增效、提高开发管理水平、优化劳动用工方面，取得了明显的效果，同时也对网络通信质量、安全性和稳定性提出了更高的要求。5G 及边缘计算技术的应用，很好的解决了广域场景下海量油井数据传输的安全可靠及综合成本问题，显著提高了油田数字化、网络化、智能化水平。

寻长征

中国石化胜利油田孤东采油厂信息中心主任

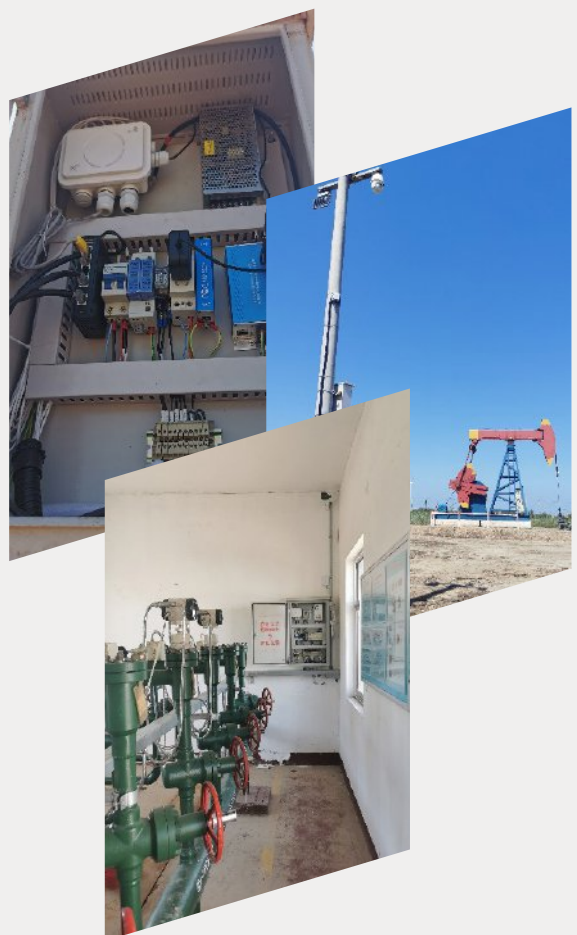
合作
单位



案例综述

油气行业是中国的支柱产业之一，是行业发展及社会运转的基石。中国石化胜利油田孤东采油厂是一个集油气勘探、开发、处理、集输为一体，年产原油 260 万吨的采油厂。近年来，为提升生产运营效率，胜利油田孤东采油厂采用了光纤、4G、无线网桥等多种网络方案进行信息化系统建设，在提质增效、提高开发管理水平、优化劳动用工等方面取得了明显的效果，但是随着生产开发的深入，当前网络已不足以支撑信息化系统进一步发展，如光纤部署不方便、成本高。4G 上行传输带宽小。无线网桥频谱非标、产业链不丰富、综合维护成本高等问题。因此胜利油田孤东采油厂面向生产指挥系统升级，提出建设“实时感知、全面协同、主动管理、整体优化”的智能化油田。

2019 年 11 月，中国联通东营市分公司联合华为公司、孤东采油厂提出了“5G+MEC 专网”解决方案，2020 年 3 月完成了 SA 组网 + 专线模式的小规模实验验证，2020 年 7 月 31 日完成了 5G SA+MEC 模式下的业务开通和验证，解决了传统的无线网桥、光纤、4G 等手段在油井监控画面回传、生产控制数据传输方面存在的多种问题，可实现在带宽、时延、可靠性方面的可靠保障，以及业务快速上线，2020 年 Q4 已完成 438 口油井的改造。同时，采用中国联通自研的工业级 5G 数据终端“先锋者 2 号 -DTU”，外置天线，适用于多种工业场景，可以快速为行业用户提供 5G 接入能力。通过搭建中国联通 5G 行业终端管理及服务平台，为 5G 终端提供便捷、灵活、高效的终端管理及服务能力。



行业挑战

2019 年全国原油产量同比增长 0.8%，近 4 年来首次实现正增长，营业收入增速 1.3% 是 4 年来新低。世界原油价格持续低迷，推行降本增效是各石油公司面对油价下跌的一致选择。当前来看，油气行业面临着以下挑战：

1

油气需求加速增长，生产供应不足，供需矛盾凸显

2

油气投资快速增加，效益降低，石油公司面临生产经营压力

3

炼油企业面临环保日益严格、业务大幅亏损的双重压力

解决方案和价值

胜利油田孤东采油厂前期采用无线网桥、光纤和 4G 三种网络，长期使用过程中遇到多种问题，如光纤部署不方便、4G 传输带宽较小（重点体现在上行速率不够）、无线网桥无线频谱非标、产业链不丰富、综合维护成本高等，通过 5G 专网改造，解决了客户多年来遇到的网络维护及成本问题。利用 5G 将远程启停井技术运用至低产低效井间开管理上，在选取的 26 口不同油藏特征的油井中创效 16 口，平均提液日单耗下降 2.23kwh/m³，累计节约电费 15.4 万元。

01 5G 专网整体解决方案



无线覆盖方案

项目初期，在孤东采油厂保护区以北区域开通 5G 基站一处，依据测试模型，基站可覆盖半径 2km 以内的井场，单个基站覆盖数量可达 200 个。根据油井位置分布，规划了另外 5 个站点进行信号覆盖，基站建设完成后可基本满足保护区以北油井的 5G 覆盖。



终端接入方案

无线压力、温度以及角位移传感器继续采用现网 Zigbee 通讯方式，通过 RTU 汇聚后转换为 TCP/IP 协议与 5G 数据终端 DTU 互联通信，摄像头通过 TCP/IP 协议直接连接 DTU。DTU 装载中国联通 5G 卡后接入 5G 网络。



5G 专网方案

5G 空口基于 5QI 进行业务优先级保障，其中 5G 承载基于 DSCP 业务优先级保障，5G 核心网对用户进行 QoS 策略制定和管理。该方案可与家庭和个人用户共享 5G 网络资源，快速进行 2B 业务发放，无需单独网络规划。用户保障基于 QoS 方案，无需现网改造，同时可以实现用户级和业务级体验保障。随着 5G 技术的成熟商用以及油田生产场景复杂业务需求的增多，通过 5G 空口频谱预留或 RB 资源预留甚至建立独立专网、通过 FlexE 技术进行传输网络切片，可进一步丰富 5G 多元化服务能力，为各种不确定性的业务需求做好网络能力储备。

02 5G 专网实施方案

油井生产环境如上图所示，无线载荷、压力以及位移传感器通过 RTU 进行汇集，摄像机、DTU 以及电表等设备安装在距离油井旁十余米的立杆上，RTU 及摄像机通过双绞线连接 5G DTU，视频图像和传感器数据经过 DTU 接入 5G 网络。

通过在 5GC 核心网上做用户策略配置，油井数据通过 5G 基站后转发至东营联通机房的 MEC 上，并不会进入公网用户数据面，通过 MEC 至油田监控中心的专线将数据回传至监控中心平台，而公众用户数据则按默认路径进入公网以及访问互联网数据。

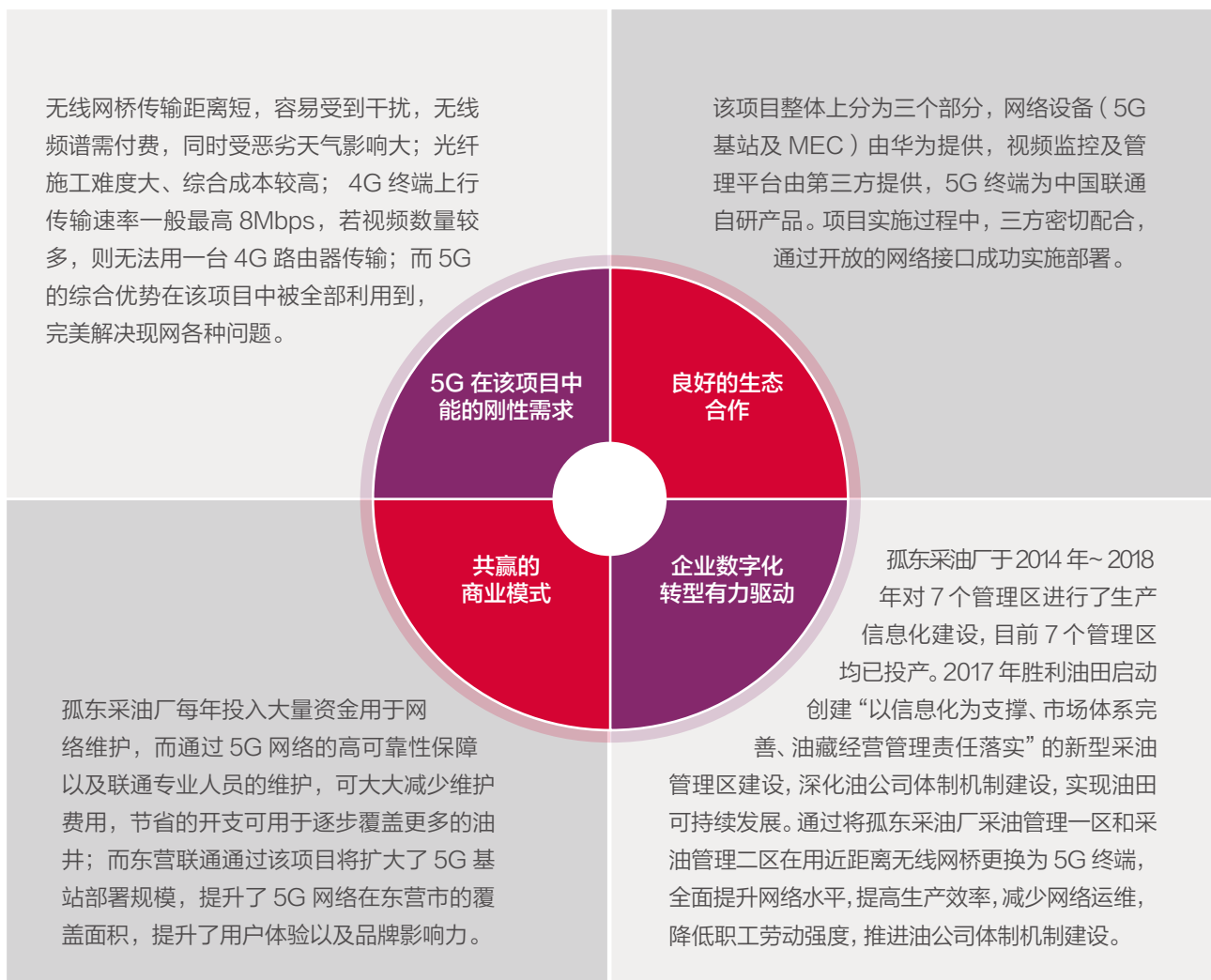
本项目产品的开发设计主要基于 5G 在通信以下方面优势：

- 采用 3.5GHz 频段，开放区域穿透力强，受遮挡影响少；
- 5G 传输带宽较 4G 大幅提升，可实现 24 小时连续视频和数据传输；
- 时延小，信号稳定，可靠性高；
- 5G 终端安装在通信箱内，受恶劣天气影响小，免维护周期长，基站由运营商维护；
- 选用终端具有定位功能，利于一体化呈现

经验总结与后续计划

胜利油田孤东采油厂通过“5G+MEC 专网”解决方案，解决了无线网桥、光纤、4G 在油井监控画面及生产作业数据回传方面存在的多种问题，E2E 保障带宽、时延、可靠性，以及业务快速上线，达成预期目标。

项目的成功主要取决于以下几方面的因素：



目前已完成 438 口油井的覆盖及业务上线，2021 年将对另外 700 口油井进行改造，未来两年内完成对厂区 2000 口 + 油井的覆盖及改造。同时，东营联通联合华为，对厂区网络进行了整体调研，正在探讨利用 5G 进行整体信息化系统的网络改造，以及面向油气运输、存储以及加工业务的智能化升级。未来在油井智慧地质勘测、远程控制领域，结合物联网、大数据技术，双方整合各自在网络部署、网络运营、产业生态打造、本地交付运维等方面的综合优势，继续开展联合营销拓展行动，获取更多商机，成为 5G+ 智慧油田解决方案供应商最佳组合。

山东东营港 5G 智慧化工园区



山东是国内化工产业第一大省，东营港经济开发区是国内第五大化工产业园区。5G 的到来，为打造更加安全和智慧的化工园区提供了一种具有综合优势的通信手段。2020 年，东营港经济开发区联合中国移动、华为等合作伙伴打造了全国首个 5G+ 智慧化工园区，结合云、AI 等关键能力开展智慧应急、智慧安监、智慧环保等应用场景验证。下一阶段，三方将进一步扩大 5G 部署范围，推动 5G+ 智慧化工园区的大规模、深度验证，为化工行业的转型升级打造标杆示范。

杨同贤

东营港经济开发区党工委书记、管委会主任

合作
单位



案例综述

2020 年 3 月，东营港经济开发区召集山东移动、华为、北京大恒等供应商与区域内应急、环保、消防、安监等部门和部分重点企业，就实现“以现代信息技术为支撑的智慧化工园区建设有效提升化工园区管控水平，为园区安全运行提供有力保障”展开讨论，将 5G、云、AI 等信息技术与各类园区内应用场景相结合，联合确定了 5G+ 智慧园区解决方案，聚焦 5G 专网、使能平台、应用三大部分：

5G 专网方面，山东移动东营分公司联合华为在开发区建设 5G 站点 30 多个，目前已实现重点区域的 5G 网络连续覆盖，另外结合开发区对数据安全、业务处理时延的需求，在园区内部署边缘计算（MEC）设备，实现数

据就近处理、不出园区。

智慧园区平台目前包括数据交换共享管理平台、视频云、人工智能平台等，支撑数据汇总及与第三方应用打通，并将 5G、云、物联网、AI 等关键技术整合起来。

应用方面，涵盖了化工园区智慧化管理中涉及 5G+ 应急指挥、5G+ 智慧环保、5G+ 智慧安监等多类典型应用场景。

本项目为业界首次将 5G、AI、边缘计算、大数据、物联网等信息技术在化工园区智慧化升级中的综合运用，该项目已入选中国移动集团 5G+ 龙头示范项目、应急管理部 5G+ 安全生产试点示范项目。

行业挑战

中国是全球化工产业第一大国，山东是国内化工产业第一大省，全省各地市拥有大量化工企业。针对企业安全生产这个最大的痛点问题，山东省正在全力推进化工企业“退城入园”行动，要求各类化工企业尽快完成向全省 85 个重点化工园区的搬迁，同时全省还有 120 多个重点监控企业，急需提升园区的信息化、智慧化水平，将园区打造成为化工项目承接的主要载体和新旧动能转换的主战场，进一步提高产业发展集中度和主体安全水平。

在化工园区向智慧化工园区演进的过程中，通信技术的升级换代已经成为关键要素。化工领域是大规模物联网应用典型场景，东营港经济开发区这样规模的化工产业园区未来将部署百万级传感器，用于获取各类生产作业现场的视频及其他类型数据。当前阶段数据回传所使用的通信技术包括光纤、4G、NB-IoT、WiFi、无线网桥、近距离无线等，但均存在着不同的短板。5G 可以实现更加灵活高效的部署，实现对园区道路、卡口、工地、罐区、防潮

大堤以及应急等各类场景下宽带现场数据的回传，结合边缘计算及下一步的网络切片技术，5G 专网较传统技术更加高效、安全、可控，为解决化工园区通信难题带来了更好的选择。

除了通信技术需要升级换代之外，当前行业还长期存在重要痛点，即后端的数据处理主要依赖于人，缺乏 AI 等新一代信息技术赋能。园区希望充分利用 5G 技术的综合优势，探索实现百万级传感器的信号采集，并应用大数据和人工智能技术进行分析预判，全面提升园区的安全与管理效率。

解决方案和价值

基于东营港经济开发区智慧园区前期建设成果，通过 5G 网络将包括摄像头在内的传感器数据回传至业务处理系统，利用云计算、大数据、AI 等信息技术，实现数据的存储、管理、调度、建模、分类、预测和分析。经过智能分析与处理后的数据，可基于智慧园区数据中台数字一体化共享服务群，结合一企一档等基础数据信息，配合指挥中心各业务模块运营的流程机制，在生产安全监管方面对重大危险源进行预警报警、对特种作业进行实时监控，在公共安全方面对危险点进行监控预警，在环保管理方面污染物排放检测和溯源、消防管理方面消防设施监测等业务领域实现数据协同共享。同时结合三维地理信息 GIS 平台，在地图上更加直观的展示各业务模块的预警报警，及时有效的

发现问题并进行有效的处置，通过可视化监控中心，对数据进行分析和发展趋势预测，为政府领导及园区管理者提供可靠的数据参考和辅助决策支撑。



东营港应急指挥中心实景

01 5G+ 应急指挥

通过 5G+ 无人机，将现有无人机拍摄的园区高清视频通过 5G 网络回传至开发区应急指挥中心的智慧大屏；将开发区现有的应急指挥车通过 5G 网络回传至应急指挥中心的智慧大屏。对现有消防栓安装多功能传感器，借用 5G+ 物联网技术，实现港区内消防栓远程、实时监控，一旦消防栓被人为破坏或有人非法取水，系统即时上报报警

信息，而且能准确定位事发地点，使巡检人员能够快速高效地进行处置。通过园区电子水位计安装建设，及时获取现有水资源数据，结合 GIS 地图展示监测站点的空间地理分布位置，以浮动的形式展示实时的水位数据，避免在消防队出险时出现水源不足无法及时更换水源的情况。

02 5G+ 智慧环保

5G+ 可移动环境监测

5G+ 智慧可移动监测系统，可根据需要，将传感器放置到需要监管的场地中，不再受固定传感器对于监测地点的限制，保证在高效、准确的前提下，对不同的施工环境进行实时监测，并且对当前环境安全、施工安全、环境影响做出评估。

5G+ 异味监测

通过 5G+ 异味监测体系及园区安全环保预警一体化平台，实现对园区环境安全“全覆盖、全天候、全过程”的监控，围绕预防、预警、安全三大环节，实时监测企业排放污染物的来源及迁徙路径，切实保障园区及周边环境安全，提升预警应急能力，强化园区管控机制、及时应对突发事件。

5G+ 治污设施用电监测

通过对治污设备的用电情况进行监测，获取治污设备实时负荷，和额定功耗进行对比，可得知设备当前运转情况，进而可得知企业是否按照规定进行减排、减产等，主动精准识别超标排污、治污不利、限产不达标企业。

03 5G+ 智慧安监

5G+ 重大危险源监测

通过 5G+ 重大危险源检测系统, 实现数据定时自动读取、自动上传、自动比对, 异常数据自动报警, 在解决人工抄表费时费力的同时, 也避免了因仪表安装位置不合适无法现场抄表或人员现场抄表危险的问题。

5G+ 管廊监测

通过全光纤管廊监控, 实现管道全线振动、温度变化情况的实时监测、报警、定位。监控主设备, 通过 5G 无线路由与监控中心连接, 将线路的实时情况在系统中显示出来。

04 智慧安监 (PX 项目)

5G+ 高危作业监管

可移动布放 5G+ 智慧高危作业应用模块, 实时分析 5G 摄像头视频流, 感知工作人员在进行高危作业时未穿安全服、未戴安全帽等不规范高危行为, 在平台侧实现实时告警, 提高园区安全指数。

5G+ 电子封闭与智慧工地

可移动布放 5G+ 可移动电子封闭与智慧工地应用模块, 实现对工地现场危险信息的可移动监控, 自动识别施工工地的周界闯入、高危区域闯入等非法行为, 及时、实时上报预警, 现场触发声光报警器进行报警提醒现场人员, 排除不安全因素, 避免由于人员管理缺位而造成的人员伤亡。

5G+ 智慧安全监控

通过 5G 摄像头的可移动布放, 实时对园区施工现场不规范行为的智能监管, 通过人工智能技术对现场环境、人员、车辆等进行实时分析, 可以自动识别施工工地的消防通道非法占用、人员非法聚集、关键岗位离岗等不规范高风险行为, 及时、实时上报预警, 提醒工作人员采取措施降低风险。



经验总结与后续计划

5G+ 智慧化工园区将 5G 技术与人工智能技术深度融合, 为化工园区的安全环保和节能增效带来重要意义。5G 可支持化工园区全面覆盖和信息的实时采集, 人工智能实现了风险的智慧化分析与预警, 从而为真正实现化工园区的“深度覆盖, 实时监测, 有效管控”提供了技术基础。

(一) 5G 在化工园区的意义与价值。

化工园区存在海量的传感器和摄像机以保证生产、装置的安全, 当前传感器和摄像头的信号采集与回传基于光纤和 DCS 铜缆技术, 施工困难投资大, 且后期调整更新困难。5G 的大带宽、低时延、海量连接 (每平方公里百万级连接) 特性, 结合工业互联网技术, 实现全面覆盖和数据实时采集, 长期发展上可以逐步替代光纤和铜缆, 降低企业和园区的建设成本, 每个企业将百万到千万级别的成本下降, 山东全省将是 10 亿级别以上的成本节省。

(二) 人工智能和大数据在化工园区的意义与价值。

人工智能和大数据的引入, 可以根据化工园区操作规范对关键场景如重大危险源、监控室、危险装置, 实现人工智能分析, 对违规行为进行实时监测并报警, 从而整体促进园区和企业规范化操作, 从本质上提升安全水平。人工智能的引入, 还可以大幅度降低人力成本, 提升效率和质量。目前需要大量人为参与的操作场景, 如管廊巡检、危险源巡检, 以及各种数据采集、报表整理等, 可以由 5G+ 人工智能替代, 实现数字化智慧化转型, 每个园区每年可以节省服务运维费用数百万。

后续计划

开发区虽然基本完成了从“产业园区”到“智慧园区 1.0”的跃升, 但仅仅是迈开了从传统信息化到数字化的第一步, 仍然面临着智能化到智慧化的漫长路程。下一步, 开发区将在现有成绩的基础上加压加力、主动作为, 全力打造智慧园区示范样板。

一是推动能用向实用转变。横向上, 对照《山东省智慧化工园区建设指南》标准和要求, 进一步深化完善安全环保应急系统建设, 加快综合服务、能源等系统的建设步伐, 实现管理应用全覆盖。纵向上, 针对开发区发展实际, 对港口、化工等重点区域监管死角推动“私人订制”, 进一步提升园区现代化治理能力。

二是推动管理向服务转变。推动“智慧管理”向“智慧服务”转变, 推动实现“智慧园区 2.0”。一方面以“千企技改”为抓手, 加快推动建设智能工厂, 推动传统制造业向微笑曲线高端延伸。另一方面以智慧园区建设为发力点, 在全产业链条嫁接工业物联网, 加快港区物流中心建设, 实现二产和三产紧密融合。



宁波舟山港 5G 智慧港口

5G 令龙门吊的操作模式发生了翻天覆地的变化，司机从 20 多米高的操控室到空调办公室中远程操控，实现从桑拿房到空调房，装卸效率提高了 20%，综合人力成本下降 50% 以上，同时大大提高了港口无人化水平，达到更高的安全性。

胡厚崑
华为副董事长

合作
单位



案例综述

宁波作为国际港口名城，素有“港通天下”之美誉，历史悠久、全球最大的港口宁波舟山港就位于此。港口作为经济的晴雨表，是现代经济的血液，在促进国际贸易和地区发展中举足轻重，全球贸易中约 90% 的贸易由海运业承载，港口是其中重要的一环。

在中国，宁波舟山港是国家的主枢纽港之一，货物吞

11.19 亿吨

2019 年货物吞吐量

2753+ 万标准箱

2019 年集装箱吞吐量

吐量连续十一年位居世界第一，集装箱吞吐量位居全球第三，是我国大陆重要的集装箱远洋干线港、国内最大的铁矿石中转基地和原油转运基地。

随着我国 5G 时代和“新基建”大潮的来临，宁波舟山港的发展也掀开了新篇章。2020 年 5 月 15 日，浙江省海港集团、中国移动浙江公司、上海振华重工以及华为技术有限公司四方，共同签署了《宁波 5G+ 智慧港口》战略合作协议，以打造全球 5G 智慧港口常态化投产样板点，建设世界一流强港。

行业挑战

经过多年发展，宁波舟山港面临降本增效的巨大压力，希望利用 5G、AI、云等数字化技术，打造“绿色、环保、高效”智慧港口，实现自身运营的快速转型。

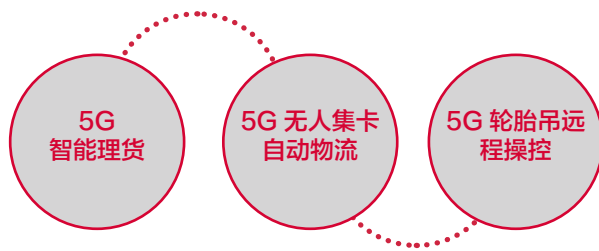
值得一提的是，港口对效率提升的诉求最为旺盛。港口作业以效率为王，大型船舶每天租金高达数十万美元，多等待或多作业一小时，即浪费上万美元，真可谓时间就是金钱。所以，对于宁波舟山港这样的重要港口来说，在追求



全年全天候不间断作业的基础上，提升作业流程自动化水平和作业效率一直是最大的诉求。

解决方案和价值

5G 智慧港口业务，几乎包括了港口主要的核心作业流程，以港口卸货为例，包含了 5G 智能理货、5G 无人集卡自动物流以及 5G 轮胎吊远程操控这三大应用。



01 5G 智能理货业务，改善工作环境和保障安全，提升理货的准确率及工作效率

理货直接影响集装箱码头的作业效率。在 5G 智慧港口，5G 智能理货，是在岸桥上安装了多个通过 5G 回传的高清摄像头，智能理货系统对摄像头拍到的视频进行自动智能识别，识别对象包括标准集装箱的箱号、箱型，码头内集卡的作业号、单小箱压箱位置以及车道编号等数据和状态。



其识别准确率达到 95% 以上，而且识别速度很快，一秒内就能完成一辆集卡相关数据和状态的识别，不会影响集装箱装卸进度。

5G 让智能理货实现了 3 个改善：

环境改善：由恶劣码头现场到舒适办公室远程。

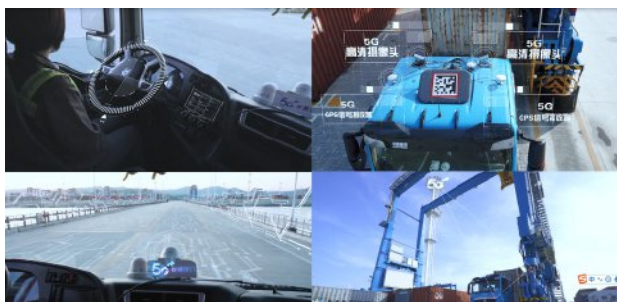
效率提升：工作效率由“一人一路岸桥”提升为“一人多路岸桥”。

识别率提升：高清图像结合基于 AI 的机器视觉，能对破损箱号也实现 95% 以上的识别率。

从技术上来讲，每台岸桥的 15 路智能理货的实时视频，需上行带宽 30~50Mbps，需要借助 5G 的大带宽和低时延技术以及 MEC（Mobile Edge Computing，移动边缘计算）技术进行快速图像识别。

02 5G 无人集卡自动物流，全程自动物流如老司机，提升运输效率和安全

在 5G 智慧港口，偌大的一个集装箱港口，来往穿梭的卡车，不需司机驾驶，全是无人驾驶，这就是现代化港口的 5G 无人集卡自动物流的愿景。5G 无人集卡有着超级“5G+AI 大脑”，待岸桥把集装箱放置好在车上并确定货车正确，无人集卡自动启动，无人操控的方向盘便自动转动起来，如“老司机”一般识别周围的集装箱物体、机械设备、灯塔等，可以自主做出减速、刹车、转弯、绕行、停车等突发状况的各种决策，提供最优运行路线精准驶入轮胎吊作业指定位置，从而实现满足港口封闭区域内水平运输的



需求。

5G 无人内集卡不需做大改造就能够实现港口水平运输自动化，未来无人集卡将具有远程控制能力，当集卡在作业场中出现故障，操作人员可通过摄像头查看周边环境、进行故障判断，并远程操作集卡退出故障区。

5G 无人内集卡实现的 2 大改善：

1) 有效替代人力，降低成本：以梅山港为例，200 多台内集卡三班倒的司机约有 800 人，比梅山港正式员工还多 300 人，每个司机人力成本按 12 万元 / 年，一年司机成本就要 1 亿元；

2) 解决司机短缺、疲劳驾驶问题，提升运营效率，降低安全风险，实现港口由劳动密集型产业向自动化、智能化、无人化的全面升级转型。

实现无人集卡的远程控制至少需要 4 路高清摄像头，对上行带宽的需求将达到 20~30Mbps/ 台和稳定 <20ms 网络低时延，5G 天然可以为这类应用提供更好的网络支持。

03 5G 轮胎吊远程操控，司机工作效率提升 3-4 倍

5G 轮胎吊已经是宁波舟山港走向常态化投产的应用。通过 5G 远控操控，工人可以坐在中控室，观看 5G 回传的多路实时视频。大部分操作都已实现自动化，只有吊车吊具的抓举集装箱才需人工远控干预执行，这样从过去一人操作一台轮胎吊，到现在可以同时轻松操作 3-4 台，极大提升了工作效率。

如今宁波舟山港经过长达 1 年多的低时延可靠性测试、长时间耐久测试、多台轮胎吊并发测试等一系列的生产验证，完成了全球首个 5G 轮胎吊远程操控规模商用验证，并作为首个港口进入常态化投产阶段。

目前宁波舟山港已完成多达 6 台轮胎吊的改造和并发验证，现网 5G 网络端到端平均时延低至 8-10ms，PLC 控制可靠性高达 99.999%，未来通过中国移动新的上行增强方案可实现上行带宽高达 1Gbps，完全能满足轮胎吊、桥吊、无人集卡、视频监控等港口业务的需求。

宁波舟山港的 5G 智慧港口商用落地，真正做到降本增效的巨大效果，体现了 5G 赋能千行百业的巨大价值。5G 正在新基建大背景下快速改变社会，5G 未来还将应用在更多港口，在更多行业中发挥其重要的价值，我们呼吁业界紧密合作，使用先进的 5G SUL 上行增强等创新技术，加速全球 5G 智慧港口产业的规模商用。



经验总结与后续计划

过去的两年多，宁波舟山港的 5G 智慧港口发展一直表现的走得早、走得快、走得坚决，必将走得更远。

在“走得早”方面，宁波舟山港从 2018 年起就开始推动 5G 网络覆盖和应用试点。2018 年 9 月，浙江移动与浙江省海港投资运营集团签订 5G 智慧港口战略合作协议，在宁波舟山港梅山港区建成全国首个 5G 港口基站。

2019 年 4 月 16 日，在我国 5G 还没有正式发牌的时候，宁波舟山港就成功实现了基于移动 5G 网络下远程龙门吊作业管理、视频回传等各种无线信息化应用创新试点，标志着宁波舟山港成为全国首个实现 5G 应用的港口。

在“走得快”方面，如今宁波舟山港 5G 网络覆盖完善，从 5G 示范案例快速走到真实部署使用，切实起到提升港口效率、降低通信系统运维成本的效果。

5G 技术在宁波舟山港的应用实现了业界三项首创：

一是业界首个完成 5G 轮胎吊远程操控验证并常态化投产，已完成 6 台基于 5G 技术的轮胎吊改造和验证，验证了 5G 可同时满足多台轮胎吊远程操控所要求的大上行带宽和稳定的低时延。

二是业界首个 5G 网络切片应用港口，保障港口重要业务 SLA。部署了 5G RAN、承载网、核心网、工业级 CPE、CSMF（通信服务管理功能）、NSMF（网络切片管理功能）等端到端网络切片，打造首个 5G 商城，使能 5G 智慧港口。

三是业界首个端到端支持 5G 上行增强解决方案的港口，满足港口轮胎吊、集卡、视频监控、桥吊等众多业务的大上行需求。项目率先在宁波舟山港完成 5G 上行增强创新方案验证，灵活利用 2.6GHz TDD 频谱和 1.8GHz SUL 频谱，提升商用 5G 网络上行能力，支撑浙江移动 5G City 网络领先。

实测表明，该上行增强创新方案通过灵活使用 2.6GHz 和 1.8GHz 频谱资源，单用户上行峰值可达 310Mbps 以上。在网络覆盖范围内，上行速率整体提升 30%~100%，能够支持 9 台轮胎吊，完全满足当前港口业务需求。尤其在小区边缘，上行速率提升了 1~3 倍，大幅提升小区边缘上行性能。

在“5G 应用走的远”方面。今年新基建的政策中已经将 5G 技术列为重要方向。而 5G 智慧港口又是“新基建”重点推动的七大行业工程应用之一。政策东风带来的红利，已经来到宁波舟山港。

宁波舟山港的 5G 智慧港口商用落地，真正做到降本增效的巨大效果，体现了 5G 赋能千行百业的巨大价值。5G 正在新基建大背景下快速改变社会，5G 未来还将应用在更多港口，在更多行业中发挥其重要的价值，我们呼吁业界紧密合作，使用先进的 5G SUL 上行增强等创新技术，加速全球 5G 智慧港口产业的规模商用。

爱立信南京 5G 智能工厂



拥抱智能制造和工业 4.0，爱立信南京工厂将实现质量和效益的双提升，同时助力实现供应链的可持续发展。对于爱立信供应链的工业 4.0 战略发展来说，爱立信南京工厂至关重要，其成功用例可为本地业务带来价值的同时，在全球的新产品研发和生产系统中进一步推广。

夏洛特 (Charlotte Fenton)
爱立信中国供应业务负责人、爱立信南京工厂总裁

合作
单位

ERICSSON



案例综述

南京工厂作为爱立信全球最大的新产品工业化中心，是爱立信全球数字化生态系统的关键一环，扮演了 5G 工业 4.0 智能工厂转型实践的先锋角色，新的 ICT 及柔性自动化生产技术率先在南京工厂研发应用，并开始为爱立信全球其它工厂赋能。

2019 年 11 月，爱立信南京工厂与江苏移动合作启动 5G 智能工厂项目。2020 年第一季度建成江苏省首张商用 5G 尊享企业专网，覆盖面积超过 10,000 平方米，涵盖生产车间和库房多个区域，并在年底实现了 100 多个 5G 专网设备连接。

南京工厂从 2019 年初制定工业 4.0 战略转型目标，依托 5G 智能制造，工厂希望通过数字化转型实现在生产力、可持续性、柔性化、快速响应市场需求等方面的全面提升。于近年投资 5 亿瑞典克朗，并持续追加；于 2019 年初成立智能制造部门，全面推动数字化、智能化转型。

工厂除了从组织、角色、流程等方面需要转型，系统架构方面也必须实现转型。参考工业 4.0 体系架构，南京工厂的 5G 智能工厂整体方案设计包括三层，5G 专网、工业物联网平台、应用，这个三层整体方案是工厂数字化、智能化转型的核心引擎。

行业挑战

南京工厂转型工业 4.0 面临三个主要挑战：



市场对多品种小批次的新产品引入需求越来越高，生产面临柔性化不足。



生产成本需要进一步降低，产品质量要求更高。



工厂迫切需要提升自动化和数字化水平，以提高效率，转型为数据驱动型企业。

解决方案和价值

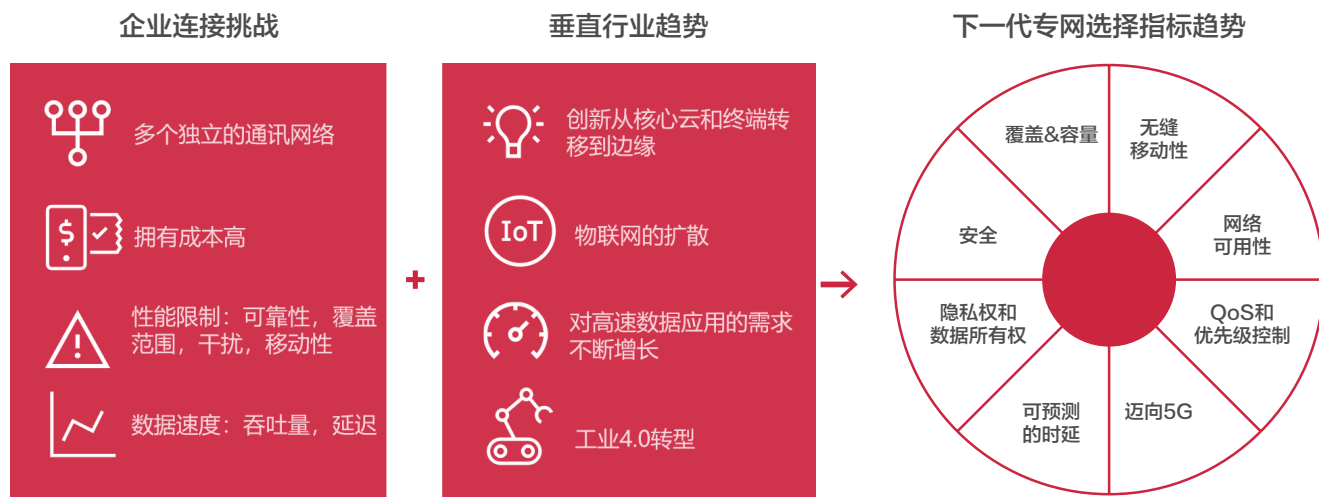
01 网络解决方案

工厂面临的网络挑战

- 现有需要建设多个网络来实现通信需求并通过物理网络隔离保障网络安全，导致总体成本过高、各个网络能力有限。
- 工厂数字化转型、物联网连接快速增长，新应用技术需要高速、移动、可靠的网络基础设施保障。

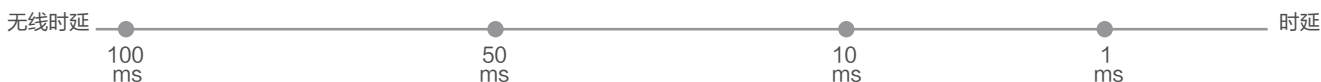
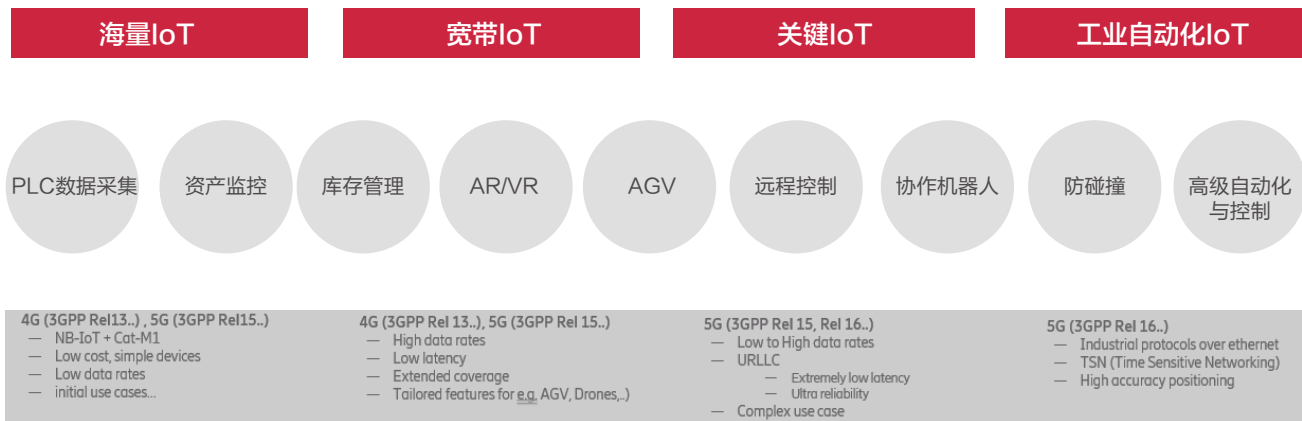
工厂选择下一代专网的考量

- 在总结了现存网络的优缺点之上，多数工厂希望下一代专网具备出色的移动性（提升柔性）、可用性、QoS 和优先级控制能力、可预测的时延、隐私和数据所有权和优异的安全性，这样一个网络具备极好的覆盖和容量，能确保企业内部无死角全覆盖，并且可以接入当前和未来 5~10 年的所有物联网设备。



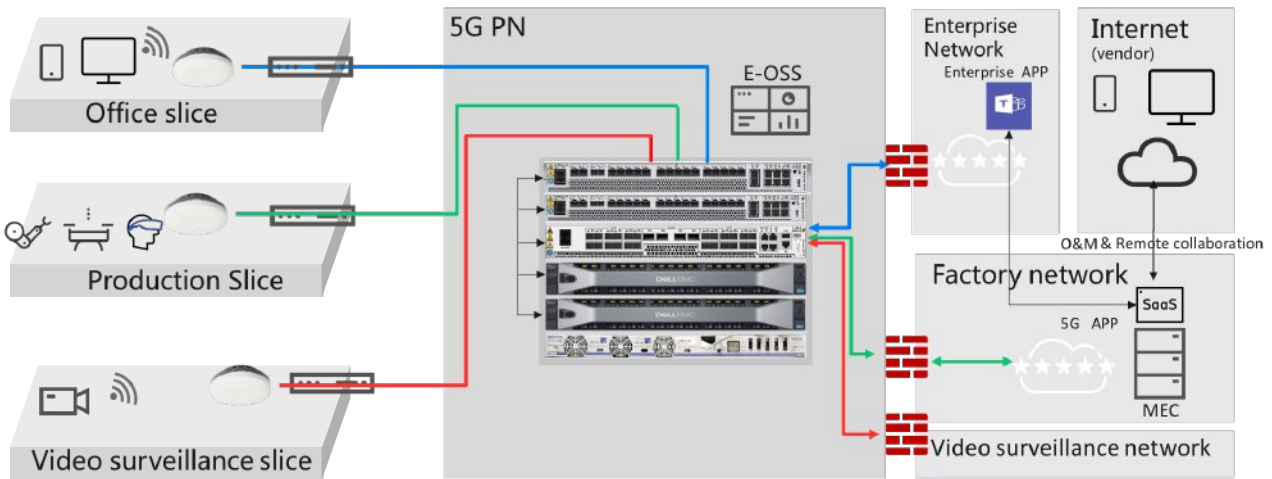
南京工厂选择 5G 专网的考虑:

5G 专网当前已支持海量和宽带物联网连接，如数据采集、资产传感器、库存管理、AR/VR、AGV 等；随着新版本上线，后续会支持关键和工业自动化物联网，如远程控制、协作机器人、防碰撞和高级自动化控制，未来 3~5 年，5G 专网基本可以支持所有 IOT 业务需求、具备移动性、广覆盖、高 QoS、抗干扰等优点，完全符合南京工厂对下一代企业网络的需求，工厂的园区网络长期规划会和 5G 专网融合演进。



基于一套 5G 专网设施，提供生产、办公、监控等多切片网络，实现不同终端接入及数据隔离，有效降低综合成本。在实施和运营过程中，项目团队和工厂 IT 部门深入探讨了 5G 专网在企业内网的地位，工厂 IT 等部门逐步认可 5G 专网可以作为工厂内网核心，标志着工厂内网加速

向蜂窝化、5G 化转型。5G 专网长期会大大降低工厂内网的网络数量、简化网络运维、生产运营蜂窝化，从而全面提升工厂移动物联网水平和柔性生产，加速设备联网并促进业务发展。这是国内在 5G 物理专网领域耕耘较深、与企业内网融合较好的商业项目。



02 平台解决方案

工业物联网平台是南京工厂从以 OT 现场为中心的硬件系统向以数据驱动为中心的软件系统云化转型的关键，在工业物联网加速发展的今天，IIOT 可以帮助人、机、设备快速入网，打通原有系统的信息孤岛，汇集海量的数据，并为应用提供大数据和 AI 开发支撑，便于应用最大程度利用研发、工厂供应链及客户数据，从而推动业务创

新和流程转型。

南京工厂自研的 IIOT 平台既可以确保与自身的设备和业务需求相适应，也可以有效保障数据安全，是工厂工业 4.0 转型的核心引擎，工厂在 IIOT 平台领域一直在与爱立信其它工厂交流并将技术成果持续推广到其它工厂。

03 应用解决方案

工厂从 2018 年开始陆续开发出多款基于蜂窝网络的工业应用，如智能螺丝刀、安灯系统等，2020 年开发了超过 10 个应用，应用类别广泛覆盖智能工厂的各个领域，助力工厂业务提升。以下是工厂部分 5G 应用介绍：



5G 云 AGV

在生产车间有大量的原材料和成品需要通过 AGV 搬运，通过 5G 网络覆盖，可以解决传统 WIFI 网络延迟、掉线的问题。无人 AGV 在 5G 网络高质量低时延的保障下，确保连接质量，提高设备利用率，保障了工厂生产。

利用 5G 专网与工厂私有云集成，多种类的 AGV 调度可以部署在企业私有云上，实现了远程故障处理和路径规划；未来通过和企业生产执行系统（MES）数据打通，可视化平台实时呈现 AGV 运送的物料信息及状态信息，提高物流运输数字化水平，帮助企业实现数字驱动决策。



5G AR 远程专家指导

AR 培训和远程专家指导

工厂每年有大量的新产品引入、成熟产品转出项目，每个项目都会涉及到产品培训、员工异地出差的工作，大量消耗员工时间、占用生产物料和生产能力，同时差旅受环境因素制约，影响项目交付。

为此，工厂采用 5G AR 培训与 5G AR 远程协助技术来有效解决上述问题。利用 AR 虚拟现实技术对新产品匹配对应的数字化和模块化教学程序，等比例还原虚拟工位和生产材料，简单、直观地呈现复杂的操作步骤。培训内容和结果通过 5G 网络同步至管理系统，便于后续考核与统计，极大的缩短了培训周期，减少产线占用、提高培训质量。同时，利用 5G AR 技术，实现跨地域多方远程协作会议，通过实时视频连线 and 多方标注的方式实现高效沟通，大幅降低了差旅成本，提高效率，保障项目进度。



5G 无人机盘库

5G 无人机盘库

在工厂库房采用小型 5G 无人机自动定期盘点物料，通过无人机上的摄像头扫描标签，经由 5G 自动回传生成报告，可提高库存盘点效率 50 倍以上。以前一个人在一个区域完成盘库的时间大概需要一天半左右，现在用 5G 无人机盘库来回大概只需要 15 分钟到 20 分钟左右就可以完成，提高效率的同时还能降低库存差异。



5G 工控机

5G 工控机

生产车间有大量的工控 PC 实现产品的信息输入工作，传统的有线网络需要根据生产布局变化及时调整布线，每次调整需要占用大量时间，影响生产，消耗人力和材料成本。同时每年工厂需要支付大量的布线维护保养费用。

工厂利用 5G 网络的高质量、大带宽特性，将大量原有有线工控 PC 更换为 5G 无线方案，提高了车间生产单元的快速布局和设备接入能力，大幅降低了维护时间和维护成本。同时利用 UPS 供电技术，对关键岗位的布局调整可以实现不停产，保障工厂产出，提高生产效率。



经验总结与后续计划

- 1 国内以 UPF+MEC 为主流 5G 2B 网络形态，南京工厂是国内少有的采用 5G 物理专网的商业落地项目，真正彻底实现了专网专用，企业可以放心的依托 5G 专网升级企业内网。
- 2 国内大量 5G 落地项目关注点集中在网络和应用，南京工厂非常重视并大量投入工业物联网平台自研，视工

业物联网平台为工业 4.0 的核心引擎，也是工业互联网应用的重要组成部分。

- 3 工厂无论是目前计划中的，还是已经落地的 5G 应用，都是智能制造部门针对各个业务部门大量调研的结果，只有坚持以需求为导向，才能把 5G 应用项目落到实处。

贵州轮胎 5G 全连接柔性生产线



5G 技术与生产场景的结合，弥补了企业传统工业无线内网缺陷，产线生产流程更为顺畅，生产物资流转实时掌握，为企业带来生产效能提升的新思路。通过促进以 5G 为代表的新一代信息技术与制造业深度融合，落实提质降本增效，将进一步推动企业高质量发展。

王鹏

贵州轮胎股份有限公司副总经理

合作
单位



案例综述

贵州轮胎股份有限公司是国内领先的工程机械轮胎企业，是中国工程机械轮胎生产出口基地之一，50% 以上产品出口海外，1996 年在 A 股上市，简称“黔轮胎”。

2020 年 8 月，以贵州轮胎创新产线为载体、中国联通提供云网边缘端全流程解决方案，华为提供 5G 网络技术，联合相关工业设备商共同打造贵州轮胎“5G 全连接柔性生产线”项目，以 5G 专网传输技术为核心，采用 5G 专网技术支撑一条完整生产线，实现全工序、全场景的无线工业互联及车间生产调度，将生产每道工序生产数据化，实现数字化工厂生产“人、机、料、法、环、测”要素全面互联管控。

本项目通过 5G 无线和 MEC 平台连接包括 90 套多种功能的 AGV、50 套 RFID 传感器和工业摄像头，替代原厂工业 WiFi 接入方式，提供了超高密度终端接入及高

保障的 SLA，解决长期困扰企业的无线接入网络瓶颈，实现了整个生产线要素的柔性编排，提升了企业生产效率。同时，本项目还基于运营商 MEC 部署了 AGV 管理应用测试，为 5G 技术深入工业制造环节做出了有益的尝试。目前已经完成 AGV、RFID 的 5G 适配测试验证，并计划面向行业推出新型 5G AGV 产品适配改造方案，在 5G 专网平台下纳入视觉检测、远程控制、人车物协同能力。



行业挑战

贵州轮胎生产园区是大型生产园区，单体车间面积为 10 万平米，主要生产大型工程轮胎。随着产品迭代加快和产品品类的多样化，现有产线需要生产的品类越来越多，品质要求也越来越高，需要产线具备较强的柔性生产能力。企业为实现柔性制造、精益生产过程中，面临网络改造和

生产线柔性编排两大挑战。

挑战一：现场网络条件复杂

● 多网并存：厂区现有网络采用以太网、WiFi、ZigBee 等众多信息网络传输方式，多网并存，适配转换

困难，规、建、维、优成本高。

以太网扩展性差：现有网络以传统的有线以太网为基础、维护和改造成本高，周期长；

WiFi 网络性能不足：因为车间内存在复杂的钢架结构，抗干扰能力差、终端漫游困难；

传输网络安全性弱：WiFi 存在较大的安全漏洞，对于生产制造存在安全生产隐患。

挑战二：生产线柔性编排困难

● 信息采集缺失：产线各环节，需要收集多种实时状态、控制信息，包括大量 AGV、RFID 物料感知、监控摄像头等大量设备需要接入，设备接入密度大，目前网络无法完全支持。

● 存在信息孤岛：厂区内存在物料管理、AGV 管理、生产执行、质量管理等多个烟囱式的孤立信息系统平台，

传输方式不统一，计算和存储设备孤立，难以协同调度，导致原料积压、产线利用率降低等问题。

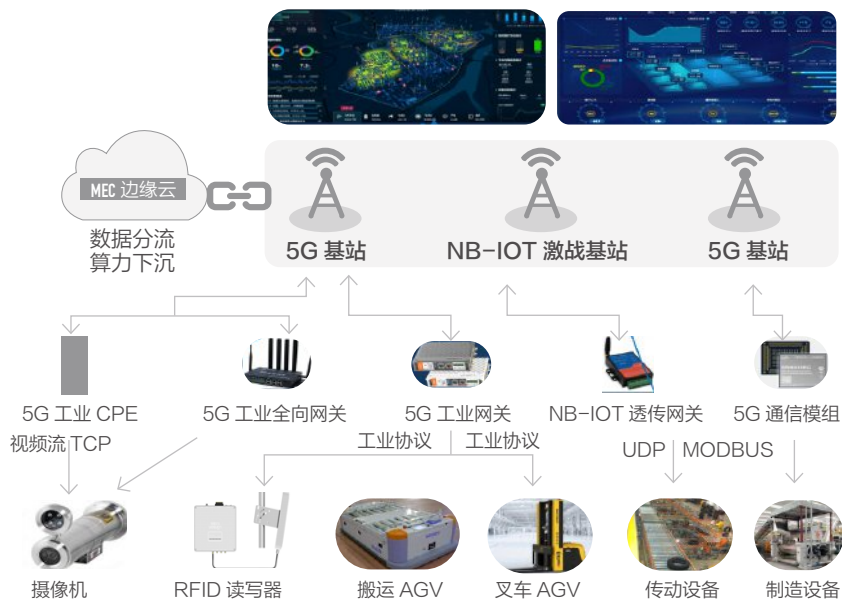
● 系统扩展能力弱：随着产品不断迭代升级，产线也要同步扩展改造，现有的以太网、WiFi、工控机、PLC、单片机等孤立的子系统，都不支持弹性扩展能力。

● 系统维护成本高：目前产线各子系统的控制系统，包括以太网、工控机、PLC、单片机等多种系统，需要不同专业的人才支持，开发周期长、运营成本高。

综上，贵州轮胎要建设面向未来的柔性产线，首先需要建设一张高性能、可扩展、可维护的融合网络及算力平台。采用 5G 专网 + 现场级 MEC 融合解决方案，提供打破信息孤岛的，支持多接入方式和大规模设备连接的高稳定高可靠高安全性的局域无线网，实现云网边端协同，与企业柔性生产、精益生产需求非常吻合。

解决方案和价值

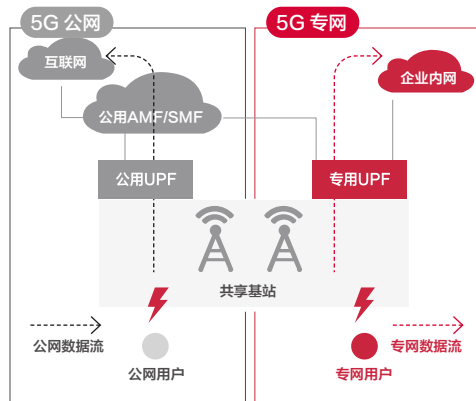
根据实际场景需求与业务瓶颈，制造业与通信行业优势互补，通过 5G 技术的融合应用，实现产线智能化协同高效工作。为 5G 在工业场景应用提供创新的价值应用场景，促进 5G 与工业制造深度融合，实现传统制造业升级。



01 5G 专网替代传统 WiFi

轮胎全线制造流程中 AGV 以往采用 WiFi 方式，由于企业每个厂区的生产区面积非常大超过 10 万平方米，WiFi 网络存在局部覆盖弱、网络不稳定、安全性差、运维困难，拓展能力弱等诸多弊端，致无线传输基础网络不稳定，生产线隐患大、效率低。

为了保障园区内数据分离，数据自主可控管理的同时保障网络可拓展性与兼容性，采用 5G+MEC 混合专网的方式替换 WiFi 组建轮胎厂无线传输网络系统。5G 混合专网是以 5G 数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的



灵活定制，构建一张增强带宽、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，无线基站根据客户需求灵活部署，为 AGV、RFID 系统提供部分物理独享的 5G 专用网络切片，不仅能够满足 AGV 低延时无缝衔接的同时保障生产制造流程环节不受公众网络系统影响，进一步提高少人化产线生产制造安全。

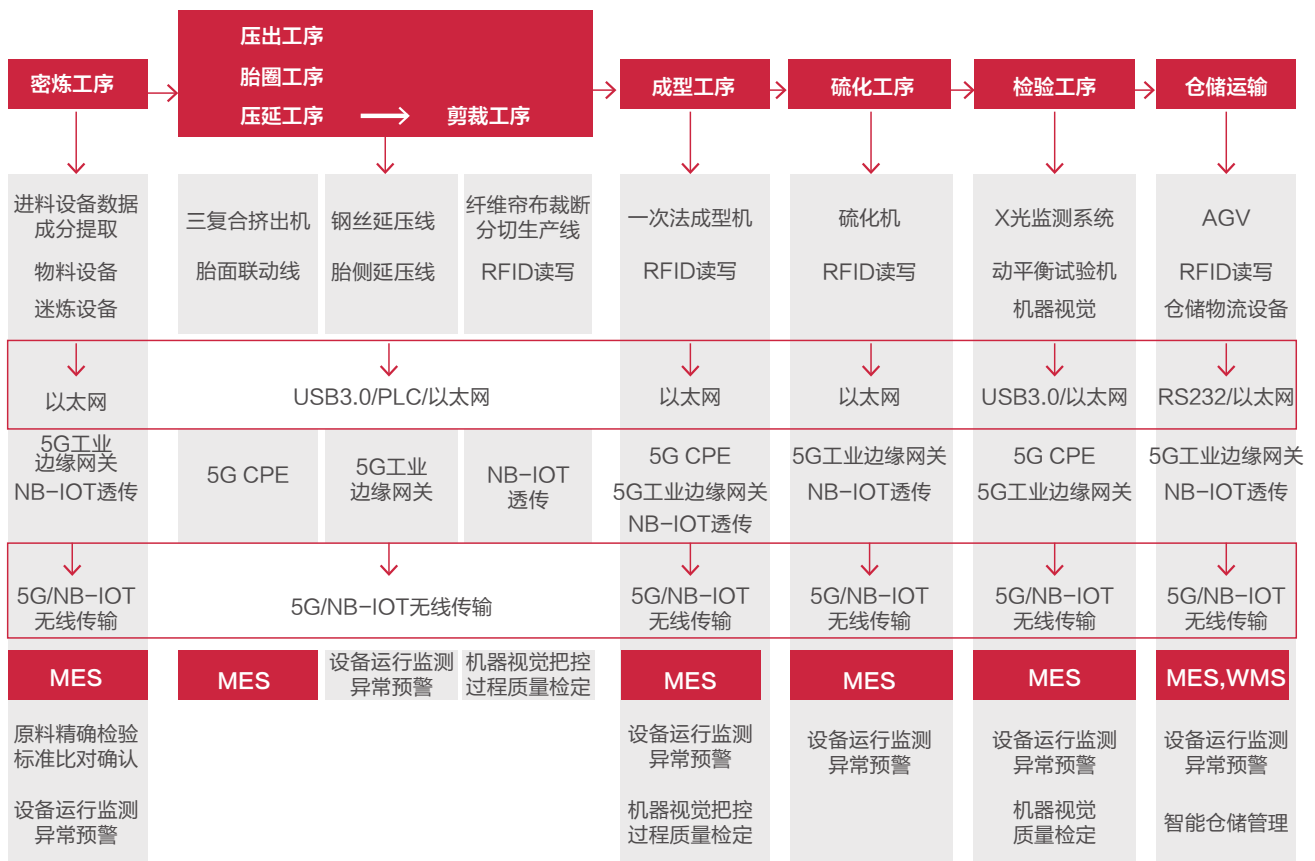
同时，部署生产现场级 MEC 边缘云服务平台，在 MEP 上部署 AGV 调度系统与视频算法系统，AGV 控制数据通过 5G 传输直接进入 MEP 服务器进行处理调度，

减少现场机工控机的布设，进一步降低延时的同时，将现场算力下沉至 MEC 解决网络性能、扩展问题，为保障贵州轮胎厂未来多系统一体化融合建设，进一步提升产线柔性，多样化生产，降低投入成本。

稳定的无线传输神经网络系统是构建智能化工厂的底座，提升系统与系统间数据传输分析一致性，低延时能够让系统与系统间无缝协同工作，广联接为工厂持续不断接入设备提供冗余，网络接口一致性为系统柔性拓展升级奠定基础，降低升级拓展成本。

02 5G 多系统融合柔性协同

根据轮胎厂实际生产流程情况，对 RFID 系统与 AGV 系统进行 5G 无线化升级，通过一张网数据高效交互融合，提升工厂协同生产。



RFID 系统共计 50 套，贯穿于轮胎整条生产线，部署于各个生产流程，RFID 系统能够实时、追溯产品在各个流程环节生产进度与情况，通过 MES/MOM 系统进而调度管理 AGV 以及其他生产产线。

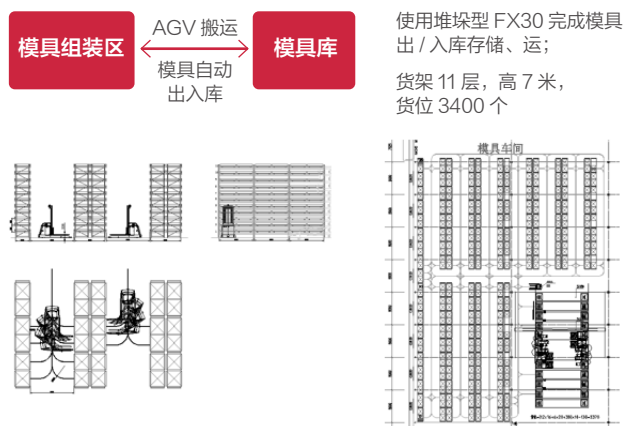
AGV 系统在轮胎整条生产线共 90 台，覆盖炼胶车间、部品车间、成型车间和模具库等，是产品生产流转的执行人。由于覆盖几乎所有生产环节，所以厂区内存在多种类型 AGV，执行协同需要稳定可靠的传输体系与感知体系作为保障。



03 5G 设备融合突破协议界限

贵州轮胎所采用的 AGV 为国外品牌，受限於 AGV 系统传输协议无法识别的问题，若采用传统传输方式，系统拓展升级的难度非常大。通过基于 Linux 开源系统的 5G 工业网关连接 AGV 信息传输接口，对 AGV 原始运行数据进行采集，经二次编码后，通过 5G 基站、5G 工业网关以及专网系统组成的无线 + 专网传输链路，实现低延时、大带宽、高稳定的数据传输。在运行数据的传输机制上，采用“1*N”方式，即 1 条信令，多帧冗余传输，以此作为提升系统稳定性的保障措施之一。冗余信令经平台前置解析处理后一同传入 AGV 原生调度系统，用以支撑车间 AGV 的指挥调度。系统运行原生数据的直接传输，解决了协议格式无法识别而导致的数据无法采集或传输不全面，无法支撑调度系统正常调度作业的问题；同时同信令冗余传输及冗余判定的机制也提升了系统运行的可靠性。在 5G 专网强大的数据传输能力的加持下，采用该方法，能够保障 AGV 小车与调度系统之间的信息传输时延在 20ms 左右，完全满足业务使用需求，完美解决工业场景中底层数据传输协议的适配难题，大大提升设备 5G 改造的兼容能力，打破传统生产设备升级壁垒，为 5G 应用提供低成本、易部署的方案之一。

贵州轮胎 5G 全连接柔性生产线的应用，不仅提升产线生产效率，提前预测设备运行工况，同时降低近三分之一运维成本，实现少人化产线敏捷柔性，缩短产线调整周期满足多种类轮胎柔性生产。预计协助轮胎厂实现 12000 万元销售收入，新增轮胎产能约 12 万条。目前该方案已复制贵州凯星液力传动机械有限公司 5G + MA 系列液力变速器装配线等项目进行推广应用。



经验总结与后续计划

5G 全连接柔性工厂核心是实现生产制造自动化、数字化、模型化、决策科学化、可视化和集成化。结合覆盖全厂的生产管理系统，使得企业能够对整个生产工艺做出实时的监测与规划。生产的数字化，企业借助全厂的互联网平台实现机器、人员的互联，实现生产数据与人员的无缝对接，生产管理人员借助系统采集数据，进行现场的全感知和强管控。通过打造 5G 专网实现全连接柔性工厂能够将生产设备无缝连接，并进一步与设计、采购、仓储、物流等环节打通，将使生产更加扁平化、定制化、智能化，从而构造一个面向未来的智能制造网络。

2021 年，贵州轮胎、中国联通、华为将继续进行 5G 创新合作应用，合作内容包括：与 AGV、RFID 协同的工

业视觉检测系统、无线设备运维平台等内容。不断深化产品标准化、模块化工作，将项目产品打造成稳定、可靠、规模化可快速复制的产品。

2021 年下半年，规划基于贵州轮胎厂区需求打造智慧园区 5G 专网试点应用，包括人员管理、能耗管理、安消一体化等智能应用，旨将智慧园区管理与 5G 全连接柔性工厂有机结合起来，深入挖掘数据融合应用，为打造一体化全连接综合管理现代化工厂奠定基础。

2021 年后续基于 MEP 边缘算力平台的应用试点，逐步替代现场的大量孤立的工控机、PLC、单片机系统，实现边缘算力柔性扩展。

天津空客 5G 智慧工厂



随着 5G 技术的普及，制造业将进入全新的变革式的发展阶段，通讯业与制造业的结合度必将大幅提升，空客（中国）创新中心愿成为 5G 和航空制造业相结合的引领者和实践者，共同开拓 5G+ 智能制造发展新格局，共同高速奔跑在智能制造高质量发展的新赛道上。

孙路

空客（中国）创新中心负责人

合作
单位



案例综述

空中客车（天津）总装公司，也称空客天津总装线，位于天津市空港经济区天津滨海国际机场东侧，是与天津自由贸易区及中国航空工业集团公司共同合资成立，属于高精尖智能制造行业。

该项目实施落地于空客天津工厂，并主要围绕基于空客产线业务中的物料管理、人员管理、生产管理、交付管理等四大场景需求，充分结合移动 5G 专网和 AI 视频等先进技术，打造了“5G+ 物品遗留管理”、“5G+ 周界入侵管理”、“5G 智能工具柜”“5G+AR 远程交付”等 5G 应用场景解决方案，并于 2019 年 7 月开始正式启

动天津空客 5G 智慧工厂项目，完成业务需求对接；2019 年 8 月完成了 5G 智慧工厂的业务演示；2019 年 9 月 -11 月，完成制定满足空客要求的 5G 专网方案；2020 年 1 月，实现人脸识别、工作人员佩戴安全帽和 FOD 包、遗留物品检测、周界入侵告警等 5G 应用云化部署；2020 年 3 月，5G 防火墙安全保障落地；2020 年 5 月 -7 月，完成基于 SA+MEC 网络端到端调通，各 5G 业务场景在生产区域进行业务验证，开展方案运行评估，生成测试报告；2020 年 9 月完成 5G 专网的商务合同签订；2020 年 9 月获得第三届绽放杯 5G 应用大赛全国总决赛二等奖。

行业挑战

当前，以空客为代表的高精尖制造行业和新一代信息通信技术的融合步伐在不断加快，从而推动着以软件定义、数据驱动、平台支撑、服务增值、智能主导的新型制造体系的快速形成。而随着这种融合逐渐从理念普及走向应用推广，制造业面向智能化、柔性化、服务化、高端化的转型发展趋势愈加明显，对高性能、具有灵活组网能力的无线网络需求日益迫切。

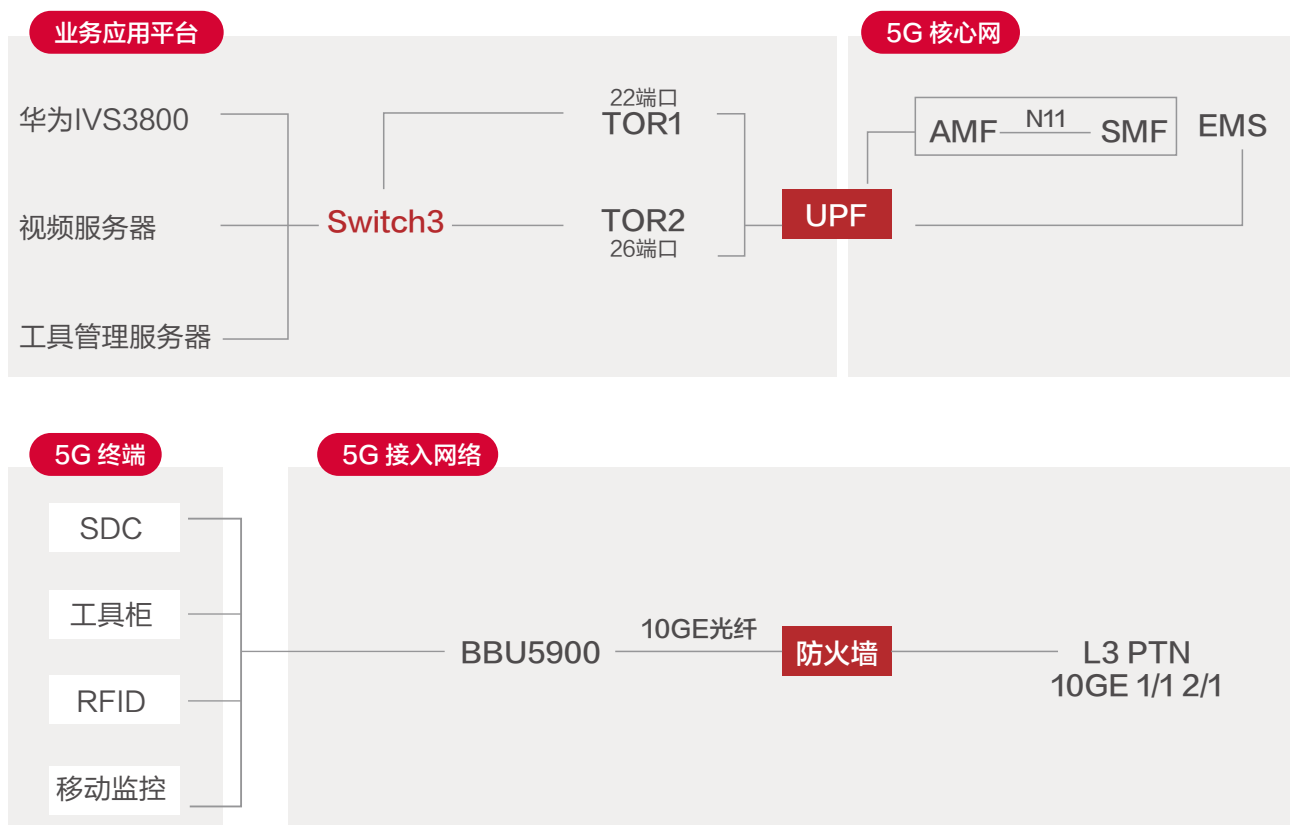
传统的工业网络面临着时延不稳定、数据孤岛以及安全风险等问题特点。工业现场总线协议标准各异，不同厂

家设备无法互通，设备状态无法得到有效监控，传统制造企业需要在计划排产、物料配送、生产协同、质量控制、设备检测等环节投入大量的人力物力。除此之外，如果企业采用传统 IP 网络尽力而为的传输机制，将面临时延不稳定且存在丢包，并在一些时延敏感型场景无法使用的问题；同时还将面临层出不穷的网络安全问题，由于工控设备普遍不打补丁，一旦设备联外网就容易遭到入侵攻击，为企业用户带来极大损失。

而 5G 具备利用其高速、低延时、大容量等特质来满

足新型工业化升级网络需求，赋能制造业转型升级等能力优势。其中 5G 最大特征是推进人/物海量互联，满足端到端毫秒级的超低时延和接近 100% 的高可靠性通信保障，将为工业互联网的实时控制和预警等提供技术保障。5G 前所未有的传输速度与覆盖范围，将推动人/机/物的智能协同，带领制造业产生重大变革。

解决方案和价值



空客 5G 智慧工厂项目整体业务组网方案架构

空客 5G 智慧工厂项目应用终端主要包括 5G 摄像机、5G 智能工具柜以及移动监控设备等，通过在相关业务区域部署，实现数据的采集，并利用 5G 网络的大带宽传输能力和 MEC 数据本地闭环处理，保障数据不出空客园区的特点，实现了视频业务数据在空客内网的实时安全可靠传输。其中单站 5G 业务应用场景对 5G 网络带宽需求如下所示：

应用类别	典型应用	应用数量	单路上行宽带	上行宽带总需求	网络时延	并发性
智能视频生产运用 (1架飞机站位)	站位智能视频管理	16 路	4Mbps/ 路	总视频并发路： $16+25 \times 20\%+2+4=27$ 可满足 99.99% 概率场景的 1 帧并发路：10 路 上行宽带总需求： (27-10) $\times 4\text{Mbps}+10 \times 12\text{Mbps}=129\text{Mbps}$	<50ms	100%
	5G 移动智能工具柜	25 路	4Mbps/ 路		<50ms	20%
	5G 高清移动视频监控	2 路	4Mbps/ 路		<50ms	100%
	5G 视频人员管理	4 路	4Mbps/ 路		<50ms	100%

从上表可以发现，单站位整体对网络上行带宽需求为 192Mbps，这是传统 4G 网络远远无法满足的，同时空客天津工厂现场存在环境复杂，设备集中，布线难度大等挑战，不适合有线部署，因此 5G 网络的无线部署方案成了本项目中最合适的选择。经过现场实测，空客 5G 专网上、下行速率最高可支持 20 路摄像机并发作业，满足正常的生产作业场景需求。

技术创新

1 采用了高度集成的视频平台

视频设备采用软件定义相机的前端设备，可方便的部署部分视频算法至前端摄像头，有效降低对网络传输带宽的要求。后台的 IVS 视频分析平台，可以集成 HoloSens 算法商城，便于客户基于业务需要，按需至商城下载、自动加载视频算法，从而快速、便捷的部署相关应用落地生产系统。

2 采用了 5G 智能终端——5G 摄像机

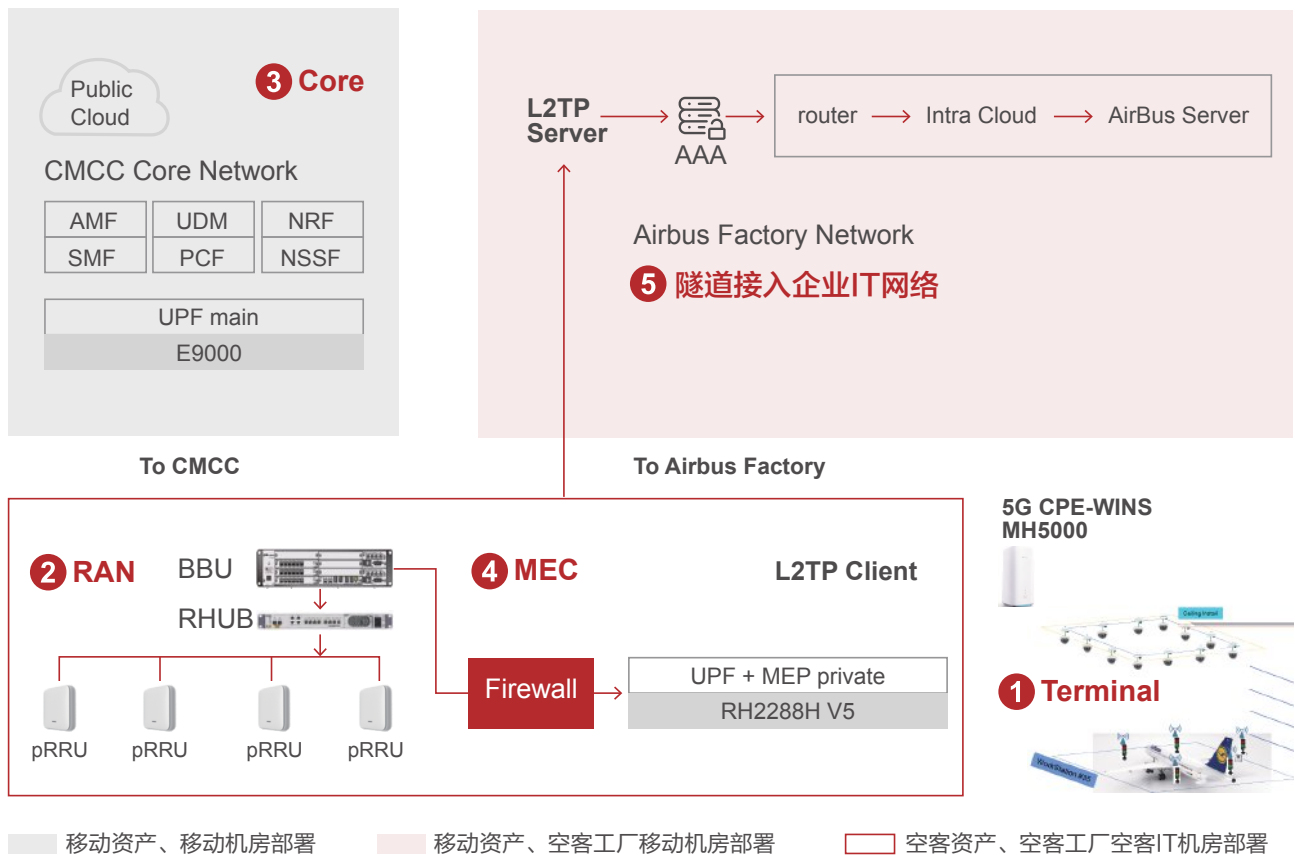
5G 摄像机创新能力体现在四个方面：一是 5G 摄像机解决了基于传统摄像机设计的视频数据发包模式所容易导致的视频卡顿等问题；二是 5G 摄像机创新性的采用了 I 帧

碰撞规避机制，从而区别于多路传统摄像头，避免发生因 I 帧突发碰撞导致的卡顿问题；三是 5G 摄像机具有更加匹配 5G 空口传输性能的优势；四是 5G 摄像机能可靠支持 4K 高清视频的传输，满足 AI 分析对画面高分辨率的需求。

3 满足空客实际业务应用需求的移动 5G 专网产品

其主要由 5G 室分基站、5G SA 核心网、5G MEC、传输等相关系统网元设备组成，充分满足保障了空客 5G 业务应用数据的实时可靠传输需求。

结合空客现场业务主管和工作人员对本项目的落地实施反馈结果，当前项目方案在以下几个方面将呈现出巨大的社会效益和市场商业价值：



移动 5G 专网方案整体架构

●生产效率提升

设备专家通过利用 5G+AR 视频交互等应用实现远程协同作业功能，从而减少了到工作现场进行问题确认的频次，降低路途时间开销的同时，进一步提高了作业效率；

●生产质量提升

利用 5G+AI+ 视频检测，能提供在线监控关键工序的表面缺陷，实现自动分析的功能，一方面有效降低人工检查的难度，同时能自动汇报或盘点现场 5S 状况，提升工作场所管理效率；

●生产安全提升

利用 5G+ 周界视频检测，能有效建立及提高系统的主动预警机制，危险环境问题点的监控通过由高清相机替代人员现场观察，可以显著降低人身意外伤害事故率。

●交付效益提升

单架飞机从制造到交付，平均需要进行 40-50 人次的现场交流。这里以每年交付 60 架飞机评估，每年需要 2400-3000 人次的现场交流。如果 1/5 采用远程检查方式，则每年可节约 480-600 人次的差旅费用。而在传统交付方案过程中，差旅费用和等待时间往往是导致高交互成本的重要因素，其具体成本估算如下表所示：

项目	市内	省内	国内	国际
交通	50-100 元 / 单程	200-400 元 / 单程	500-2000 元 / 单程	>2000 元 / 单程
住宿	/	300-600 元 / 天		>600 元 / 天
等待时间	0.5-1 小时	4 小时	6-12 小时	12-24 小时

同时由于使用远程检查平台的方案，几乎没有等待时间，随时随地可发起，可降低相应大量的时间成本，从而极大提高交付效益。

在项目影响力上，空客 5G 智慧工厂项目从启动之初便一直广受空客集团相关部门的关注和重视，空客集团 ICT 部门对空客天津现场进行了考察和支持，了解项目

进展并帮助协调落地问题，项目效果也得到高度认可。在 2020 年的冬季达沃斯论坛，空客集团 CTO 也特别提到了天津空客所取得的 5G 项目成果；法国 Orange 集团高层也于 20 年 2 月份带队来天津参观了天津空客的成果进展，并表示希望能将本项目应用借鉴推广至法国相关企业场景进行复制落地

经验总结与后续计划

空客 5G 智慧工厂项目主要以 5G+MEC 整体解决方案为基础，基于空客天津总装生产线的高端制造场景，结合其具体业务场景和需求痛点，整合 AI 智能视频相关产品方案，为空客工厂的人员管理、物料管理、生产管理和交付管理提供了数字化的创新手段，从而成功助力空客天津工厂实现了 5G 数字化智能作业升级改造。

通过现场 5G 专网部署和 5G 应用场景的验证，有效证明了 5G+AI+ 视频解决方案在智能制造场景下有巨大的市场应用价值，同时空客项目中的人员管理、物料管理、生产管理和交付管理等四大 5G 应用场景具有通用性和大规模复制的价值空间，值得进一步加大投入，优化 5G+AI+ 视频的解决方案，推动促进相关产业链的成熟发

展，并输出标准化的基线方案，为 5G 智能视频在制造行业的快速推广落地打造坚实的基础。

空客项目实施过程中，对当前方案成熟度和可行性进行积极有效验证的同时，也提出了更高的要求和挑战。比如关于 AI 算法的整体识别率还有更进一步的提升空间；除此之外，在软硬件方案上，面向大型复杂业务组网架构，存在部署技术难度大、成本高等问题，因此关于 5G ToB 建设后续还需进一步优化提升整体解决方案的性价比，从而以更低成本、易部署、高质量运维的方式实现企业的 5G+ 智能视频数字化升级。接下来项目组将把空客项目当成案例项目，进行示范推广。

厦门公交 5G BRT 智能网联车路协同系统



美好厦门，5G 驶达。祝贺厦门 5G BRT 智能网联车路协同系统项目顺利通过验收，成为国内第一个经过成熟商业模式验证的 5G 智慧公交项目。未来希望以此为样板，将该业务模式复制推广，为更多的营运车辆、特种车辆甚至社会车辆提供丰富的智能网联服务。

陈山枝

中国信息通信科技集团有限公司副总裁、专家委主任、无线移动通信实验室主任

合作
单位

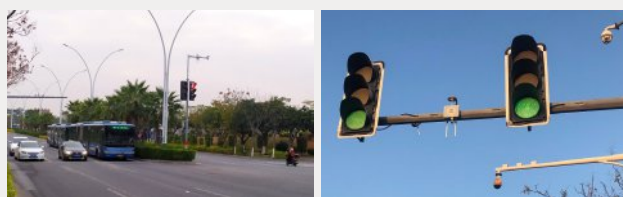


案例综述

2018 年，在厦门市交通管理部门的牵头下，中国信科集团旗下的大唐移动通信设备有限公司与厦门市交通运输局、厦门公交集团签署 5G 智能网联战略合作协议。基于全国领先的厦门市 BRT 道路资源，共同打造国内领先的 5G 智能网联车路协同系统，同年 9 月联合厦门公交集团、中国联通集团正式推动厦门 5G BRT 智能网联车路协同系统项目实施落地。该项目是国内首个面向 5G 的城市级智能网联应用。

截至 2020 年 8 月，项目已经完成了厦门市 60 公里 BRT 道路和 5 个红绿灯路口的智慧化改造以及 50 辆

BRT 公交车的智能网联改造。2020 年 8 月，厦门公交集团组织专家组，通过外场实车考察和会议答辩的形式对整个项目进行了验收评审。验收的顺利通过也标志着该项目正式成为国内第一个经过成熟商业模式验证的智能网联车路协同项目。



BRT 智能网联公交车

智慧路口设备

解决方案和价值

厦门 5G BRT 智能网联车路协同系统实现了车路、车车、车云通信，依靠路侧感知、协同感知等手段为 BRT 车辆驾驶员提供更丰富的辅助驾驶信息，一方面以主动安全的方式降低了 BRT 车辆发生追尾或在交叉路口发生碰撞的事故发生率，另一方面通过在 5G MEC 边缘计算平台上部署大数据、节能优化算法、高精度地图、智能路径规划等技术提高整个 BRT 系统的运行效率并提高能耗利用率，此外，通过 5G 与高精度定位技术的结合还实现了 BRT 公交入站时的安全精准停靠站等定制化应用。

通过将 5G、C-V2X、MEC (Multi-access edge computing) 等先进网联技术与单车智能驾驶技术相融合，通过部署在 BRT 车辆上的 5G 车载融合网关构建了车、车、车云“三网融合”的车联网系统架构。

车内网: 通过 5G 车载融合网关接入车辆内部总线网络，与车内传感设备相结合，为驾驶员和车辆的决策控制系统提供更丰富的辅助驾驶信息，同时通过网关内置的安全加密芯片保证车辆与外界通信的信息安全；

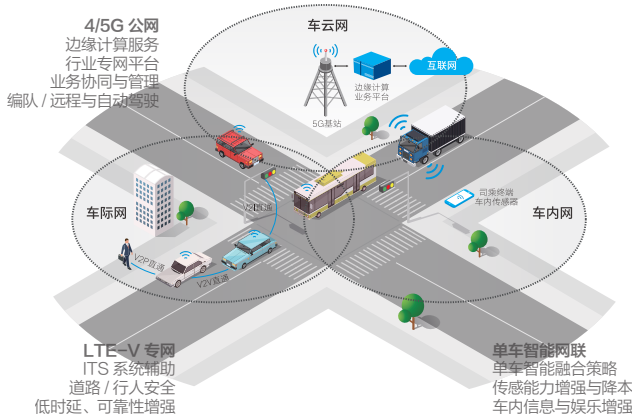
车际网: 通过 5G 车载融合网关实现 V2V、V2I 通信，

实现车辆与车辆、车辆与路侧基础设施(包括红绿灯信号机等)的信息交互和控制;

车云网: 通过 5G 车载融合网关内置的 Uu 口通信模组实现车辆与边缘云、中心云的交互通道, 将 MEC 边缘云平台部署在靠近用户侧, 提供路径行驶规划、节能减排策略、区域高精地图下载等应用。

基于该三网融合方案, 需要对 BRT 车辆及社会路口进行智能网联升级改造。其中该项目涉及的社会路口由于路权归属、施工难度等问题难以采用有线的通信方式, 因此路口的感知设备和 MEC 平台之间采用 5G 网络进行通信, 其带宽和时延均可满足项目需求。带宽方面, 路口多路视频的采集如 4 路 1080p、30fps 的视频对上行带宽的需求在 32Mbps 以上, 时延方面, 3GPP、ETSI 等标准化组织对主动安全类应用的端到端通信时延要求控制在 100ms 以内, 而视频信息本身的采集时延、编解码时延等已经在 60ms 以上, 因此对传输时延要求至少控制在 30ms 左右。下表是在厦门现场对 4G、5G 网络带宽、时延等数据的实际测试结果。

	上行速率	下行速率	端到端时延
4G 网实测 (均值)	10Mbps	90Mbps	58ms
5G 网实测 (均值)	145.29Mbps	566.4Mbps	23ms



01 实时车路协同

车路协同技术通过部署激光雷达、高清摄像头、MEC 边缘服务器并接入信号机系统实现了交叉路口的智能网联升级, 在此基础上可交付两大服务。

一是实现交叉路口 360° 盲区检测。通过激光雷达、高清摄像头等设备对交叉路口进行全天候全息感知, 并获取路口行人、机动车及非机动车等交通参与者的详细信息进行行为预测, 有效降低 BRT 车辆在路口交通事故的发生率。

二是实现绿波通行, 路侧设备在接入路口信号机系统后可实时获取路口信号灯的灯态信息和时长信息发送给车辆, 同时系统也可对前方路口的信号灯进行控制, 从而保证 BRT 车辆在路口的优先通行, 提高公交运输效率。经测算, 平均可减少 15% 以上的线路通行时长。



实时车路协同业务

02 智能车速策略

结合当前路端各种传感器和车端传感器等智能设备, 实时监测道路交通数据状况并通过 5G 网络将这些信息上传至 MEC 边缘计算服务器, 利用在 5G MEC 上部署智能车速策略, 结合车辆历史交通数据和司机驾驶行为进行大数据分析, 计算出不同路段路况下车辆的最优车速再反馈给车辆, 从而使得 BRT 车辆一方面可以以更合理的车速行驶, 另一方面也减少了紧急加减速和急停等行为的发生, 达到节能减排目的, 百公里能耗可节省约 10%, 大幅降低运营成本。



智能车速策略业务

03 安全精准停靠



安全精准停靠业务

厦门 BRT 公交站站台较高, 驾驶员驾驶车辆进站时一旦停靠站台过远就极易发生行人下车踩空事故。通过在 MEC 平台上部署高精度地图、融合感知算法、路径规划等策略, MEC 将这些大数据量的信息实时下发给车端, 车辆根据这些策略, 进站时调整行驶轨迹, 实现厘米级的精准停靠站台。为了保证项目中 MEC 平台获取的定位信息的精度, 在 BRT 沿线还部署了一台高精度定位基站。经测算车辆进站时车门与站台间距可控制在 10cm 以下, 保证乘客上下车辆的安全。

04 超视距防碰撞



超视距防碰撞业务

在同一条车道同向行驶的两辆 BRT 公交车辆, 车车之间实时交互通信, 实现彼此的速度、位置、航向角等驾驶信息的共享。当存在前车慢速、紧急制动、停止或后车加速等情况下, 且两车行驶间距小于定义安全行车距离, 存在发生碰撞危险时, 后车基于 TTC 碰撞时间, 提前主动采取平缓刹车减速或刹车停止, 同时车内显示装置伴有语音提示安全预警, 保障车辆行驶安全。基于车车通信的防碰撞可以不受视距的影响不受雨、雪、雾霾天气对能见度的影响, 同时相较于依靠单车传感器实现的防碰撞, 一方面大幅提高了感知距离, 最远超过 450 米, 另一方面也可降低单车实现防碰撞的成本。

经验总结与后续计划

在 2020 年完成了 60 公里的智慧化道路建设和 50 辆 BRT 公交车的智能网联升级改造后, 项目从初期的实验验证阶段进入了整体运营阶段, 由于在全国范围内都没有如此大规模的智慧公交的运营项目可供借鉴, 因此本项目在开始全面运营后也面临了诸多挑战。

首先从单车运营的角度看, 每一辆车在经过智能网联升级之后为驾驶员带来各种便利的同时也需要重塑驾驶员的驾驶行为和驾驶习惯, 这方面目前已经制定了相关的培训课程并已经完成了 150 余位 BRT 公交驾驶员的培训。不但提高了驾驶员的整体业务水平, 也为未来相关单位制定智能车辆驾驶员认证标准积累了丰富的经验。

其次从整体线路运营的角度看, 规模化运营的实现加之 5G、C-V2X、高精度定位技术的引进使得公交系统的调度员随时可以掌握车辆、线路运行状况和客流信息, 这使得调度员可以根据具体情况快速调整调度计划、实时发布车辆运营信息、实时与单一车辆交互信息, 可以说为调度员的日常工作带来了革命化的变化。目前也在这方面与业

主单位展开深度合作, 一方面逐步完成公交大数据云平台的优化建设, 从而实现公交线路的自动化、智慧化调度, 另一方面针对调度员进行相关培训, 为业主单位储备能承担新型调度工作的合格人才。

5G 智能网联车路协同系统支持技术上的分阶段实施与部署, 同时支持前向兼容和后续演进, 是一套成熟和稳定的系统, 目前已经在全国多地地进行示范建设, 在厦门、杭州等地已经完成部署并上线运营, 建设方案和运作方式可以快速在全国各地进行复制。不仅可以应用于 BRT 场景下, 还可以部署于普通公交系统、出租车和网约车系统、客货运输系统, 并逐步推广至私家车领域, 成为智慧交通的必备支撑系统。综上, 厦门 5G BRT 智能网联车路协同系统项目作为突破车路协同应用场景和商业模式的一次成功的尝试和示范, 具有推动技术创新、产业创新、商业模式创新的积极意义, 未来在构建智慧交通产业创新生态、培育车路协同产业集群等方面也将发挥更大的作用。



基于 5G MEC 的分布式通用机器 视觉平台

MEC 是 5G 新基建的核心特征之一，是一跳入云、实现低时延高带宽确定性网络的基础。基于 MEC 可以将高密度计算、大流量和低时延需求的业务就近部署，满足客户对安全、速率及可靠性的多重要求。中国电信自研 MEC 平台，基于中国电信海量的网络和边缘计算资源，一点接入为客户提供全国可达的 MEC 边缘计算环境，同时支持端-边-云的协同。中国电信与中兴通讯联合打造的“基于 5G MEC 的分布式通用机器视觉平台”大大提高了传统作业流程的效率和可靠性。未来中国电信将携手更多业界伙伴，繁荣 MEC 应用生态，为千行百业赋能！

何志强

中国电信集团科技创新部总经理、中国电信研究院院长

合作
单位



ZTE 中兴

案例综述

本项目由中国电信和中兴通讯联合打造，深度结合了 5G MEC 及机器视觉优势，利用中国电信丰富的网络和计算资源及专业运维能力，叠加机器视觉算法，为工厂提供高效稳定的云工业化级机器视觉方案，助力行业升级。项目将工厂的机器视觉系统部署在中国电信自研的 MEC 平台上，基于 5G 无线和 MEC 边缘云计算能力，简化检测识别现场的工控机方案和现场设备，提供软/硬件加速，加快数据传输及视觉算法的优化，同时保障园区数据安全。

基于 5G MEC 的分布式通用机器视觉系统集成了行

业内领先的 AI 视觉检测算法，支持工业生产场景下的多种算法检测任务，可实现对人（人脸识别、人员状态分析、安全头盔检测等）、机器（设备控制、料口堵塞分析、输送带跑偏监测等）、资料（物料信息 OCR 采集、物料外观质量检测等）、环境（环境检测、视频周界分析等）、生产过程（淬火视觉分析、螺栓预紧顺序指引等）以及产品质量（包装检测、测量 & 定位等）六方面的全方位管理，可满足大多数工厂的日常生产运营需求。

行业挑战

随着计算技术、存储技术以及传感器技术的发展，机器视觉迅速发展为一门新兴的实用科学技术，它代替人眼对目标进行识别、跟踪、测量、检测，以及为一些特殊人群进行导航，取得了极好的效果。目前，在全球范围内，机器视觉已突破百亿美元产值。在国内，得益于政策、技术、市场需求等因素，机器视觉市场规模也在以每年超过 20% 的速度快速增长。

机器视觉应用于工厂，可有效帮助工厂提高生产、检测效率，加强对工厂人员、物料、环境及安全的管理。但是传统的机器视觉方案在工业视觉检测上存在明显短板，如：基于工位部署，采用有线组网方式，每个工位上除相机/光源外，还需要部署工控机，较难工程实现；工位间系统独立运行，图像数据难以聚合；工位算力有限，且无法云化共享；

方案强定制，算法难以自优化等等。5G MEC 能够很好的解决以上难题。

首先，基于 5G 无线部署，替换原来的有线网络，可极大简化现场设备和工控机方案，使机器视觉有更灵活的部署方式，且无需调整网络布线就能快速实现对已有产线的技术改造。其次，5G MEC 网络具有大带宽、低时延、高算

力优势，可以满足机器视觉检测场景对带宽、时延和算力的需求。项目基于 5G 和边缘云技术，将机器视觉的检测、识别任务部署在 MEC 平台上运行，为视觉检测、识别，提供更为强大的计算能力和存储能力，同时加快算法的迭代和优化，可有效提高工业生产 / 检测效率，推动工业生产智能化。

解决方案和价值

01 技术方案

项目基于 5G 专网，打造云化工业级机器视觉解决方案。支持工业视频采集、存储、分析全过程，向企业、开发商和个人提供数据服务，同时支持视觉 AI 算法训练、计算资源调度，为算法开发者提供训练服务。

产品架构上，分布式机器视觉系统包括数字图像采集、数字图像分析处理和执行三大模块。数字图像采集模

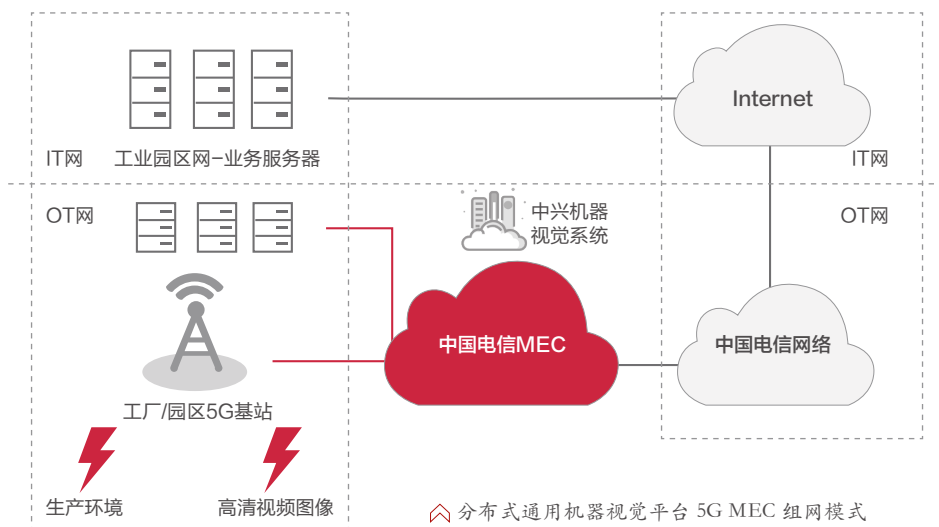
块通过 5G 网络向云端回传数字图像信息，在一些环境中还可以通过多卡绑定、带宽聚合的方式实现数字图像回传。数字图像分析处理模块基于 MEC 进行边缘部署，基于图像处理算法和 AI 算法对视频图像进行分析。控制执行模块基于 MEC 进行边缘部署，根据数字图像分析处理模块的结果进行决策分析和控制，从而改进生产过程，加强园区管理。



分布式通用机器视觉平台设计方案

项目实施方案上，我们在园区内部署 MEP 边缘节点，实现园区 5G 全覆盖。MEC 边缘云提供了 IaaS、算法和分析 PaaS 能力，以及质检、识别、OCR 等实用的 SaaS 应用，可供客户按需加载。高清工业相机等 5G 终端设备采集园区内各个区域的高清视频流并通过 5G 网络以专有方式一跳接

入 MEC 边缘云。边缘云上加载的机器视觉算法从各个维度对视频流进行综合分析，获取其中有效的视觉信息，并将分析结果返回，完成质量检测、设备控制、人员管理、安全防控等任务。



02 项目应用

项目通过聚合算法商店引入大量通用性实用算法，可快速集成匹配场景的机器视觉解决方案，满足一般聚类客户需求。目前，项目已在湖南、江苏等地的工厂完成落地，并逐步向其他企业推广。

(一) 南京滨江工厂 AAU (Active Antenna Unit) 视觉检测解决方案

中兴通讯协同南京电信，通过 5G 网络切片、MEC 技术为南京滨江工厂打造安全可靠的 5G 智能车间。通过 5G+ 机器视觉赋能智能制造，实现 AAU 产品的螺钉及点

胶质量的前端检测，可以同时检测 204 个对象，准确率达 97%，极大提高了车间装配效率。

(二) 中兴长沙工厂机器视觉质检解决方案

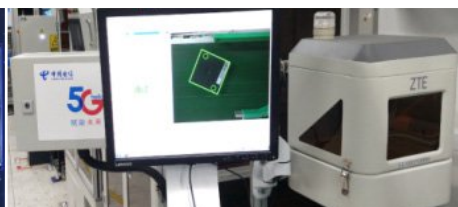
中兴通讯长沙智慧工厂协同湖南电信综合应用 5G+MEC+ 高清工业相机，用于垫片、上盖、包装盒等产品外观检测。应用 5G MEC 机器视觉系统后单次检测时间在 0.5 秒左右，检测准确率达到到了 95%，可有效代替人工目检，解决传统质检方案效率低、易漏检、错检等问题，降低工业生产 / 检测成本。



滨江工厂机械臂引导工作图



滨江工厂转接柱安装检测



长沙工厂螺钉检测

经验总结与后续计划

经过我们的积极推进，目前，项目已经达成预期目标，为多家工厂提供 5G MEC+ 机器视觉解决方案，取得了良好的收益。项目成功的因素主要在于：

灵活运用了 MEC 技术

在园区内部署 MEC 边缘节点，有效降低对网络回传带宽的要求和网络负荷，保证数据不出园区，为用户提供高速度、低时延、可靠的云网服务，促进工业园区智能化升级。

拥有开放的 MEC 算法商店

集成丰富的高精度 AI 检测算法，满足通用业务场景需求。用户可以按需购买、加载，实现一点订购、全国覆盖，一键部署、统一下发。

实现柔性制造

通过机器视觉对产线改造升级，允许同一条产线生产多种规格产品，多个产线共用部分产线（如包装），可显著降低成本，提高生产效率。

具备成熟的商业模式

通过向 B 端客户出售 5G MEC+ 机器视觉技术解决方案获取收益，方案成熟、技术完备，可大规模复制和推广。

项目后续将继续加快 MEC 边缘节点建设，实现全国覆盖，并深入探索机器视觉在工业互联网的应用，满足更多工业生产场景需求。

深圳市福田区医联体 5G+MEC 智慧医疗



5G时代对于医疗行业是个机遇,也是运营商和医疗信息化的公司深入切入到医疗行业的一把钥匙。

陈浩

中山大学附属第八医院信息科主任

合作
单位

深圳市福田区
卫生健康局



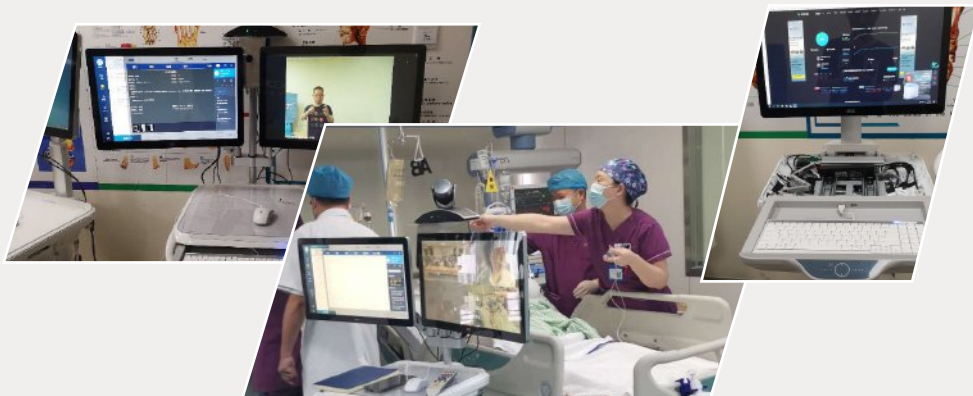
案例综述

2019年以来,福田区医联体、中国移动、华为等单位联合在深圳开展5G+智慧医疗战略合作。通过部署医联体医疗专网,在实现全区医疗机构(7家医院,83家社康)信息高效安全互通的基础上,率先完成5G远程急救、5G远程会诊、5G移动诊疗、5G社康急救指导、5G智慧病房等应用,实现福田区医联体服务的远程化、移动化、信息化快速升级改造。在疫情期间,基于5G+MEC的医疗专网,通过床旁会诊、远程会诊、社康急救切实落实分级诊疗,助力精准疫情防控。

基于医院的实际场景,从技术到业务实现了网、端、业三大创新,包括5G卫生专网建立,5G医疗行业终端

研发,覆盖院内、院间、院外的5G智慧医疗全场景应用等,同时,项目创下了5个全球第一:

- 1 第一批5G建网标准制定
- 2 第一个5G医疗推车改造
- 3 第一个基于5G专网的院前急救
- 4 第一个5G智能抢救车
- 5 第一个区域级5G SA医疗专网



行业挑战

目前医疗行业信息化主要面临以下几方面的挑战:

新业务提出更高的通信保障需求

尤其医学视频、影像类数据对网络带宽、传输质量、传输速率、可靠性等都提出了新的要求。同时 3GPP/ITU 等多个国际标准及行业组织展开对智慧医疗场景及应用的研究,未来将有 20+ 新业务入驻新型医疗生态,新技术衍生的新应用对通信网络提出更高要求。

数据存在泄漏风险

医疗信息系统采集病人大量的健康信息,如电子病历、医疗影像等,如何保护病人个人隐私和医疗数据不泄漏,降低病人隐私数据被篡改的风险。

数据资产冻结共享难

由于各医疗机构医疗信息系统标准不统一,医院内部各部门之间和跨医院之间缺乏临床信息共享和交换,医院的数据整合性不高,医院之间、医院内外健康数据不流通、共享难,医疗数据资源利用率低。

解决方案和价值

福田区医联体 5G 智慧医疗项目以 5G MEC 和切片技术为底座,部署区域 5G 卫生专网,涵盖院内、院间、院外三大场景,满足医疗业务数据不外出、高带宽、低时延、灵活接入等需求。

01 整体架构

围绕 5G 卫生专网建立,5G 医疗行业终端研发,全场景 5G 创新应用等方面进行探索和实践,在高速稳定的 5G 专网环境下,实现多平台协作,打造面向移动诊疗、分级诊疗、智慧病房的 5G 全场景应用。

02 网络：区域级 5G 卫生专网，涵盖医疗业务和公共卫生

区域级 5G 卫生专网：

涵盖福田医联体 7 家医院 +83 个社区康复中心,创新性的设计区域级 5G 卫生专网, MEC 共建共享。

公网专网：

在福田医联体项目中,基于“5G 公网专用”体系架构,采用 5G+MEC+ 切片技术建设虚拟专网

- 通过“公网专用”模式,兼顾医疗行业应用与医院公众用户通信需求。

- 具有低成本、高性能、广覆盖、安全可靠的优势：

低成本：专网的建设和维护成本都是一些区属医院、社康中心无法承受的。5G 公网建设和运维由运营商负责,借助 5G“公网专用”的模式,可以帮助医疗行业低成本快速建设专网。

高性能：5G 网络具备的高带宽、低时延等特性,能够满足大量医疗设备、医疗影像数据、高清视频实时传输的需求,缓解医院内网、院间有线卫生专网的传输负荷和带宽压力。

广覆盖(服务范围广)：运营商网络天然具有覆盖优势,公网覆盖的地方均可提供专网服务,能够满足专网广覆盖和移动性的要求。在中大八院项目中,5G 卫生专网打通院内院

间院外网络,构建医院与社康二级联动的区域急救体系、分级诊疗体系,推动急救过程前移,极大延伸医疗服务半径。

安全可靠：借助 5G 切片 +MEC 等新技术,可以提供网络的安全隔离,实现专网用户与公共用户的业务隔离,互不影响。运营商网络设备严格遵循 3GPP 的安全标准,医疗终端设备专卡接入,无线、传输到核心网设备都需严格的入网认证,运营商 MEC 机房符合等保 3 级安全标准,MEC 到医院数据中心通过电路专线连接,为专网提供端到端的物理隔离和安全保障。

MEC (边缘计算技术)：

是 5G 卫生专网方案中的关键使能技术,下沉的 MEC 边缘计算,实现医疗数据不外出,保障了低时延业务的实时交互。

SA 独立组网 & 端到端切片：

深圳移动目前已经建设 1.5 万个 5G 基站,实现 5G SA 独立组网全覆盖,为端到端网络切片技术的应用创造了基础条件,5G SA 端到端切片保障通信高峰期医疗业务带宽、时延的稳定,为医疗业务提供稳定的网络环境。

03 终端：医疗推车上集成 5G 通讯模组，解决 5G 医疗终端缺乏的难题

医疗推车（移动终端）植入 5G 模组：5G 医疗终端是 5G 应用落地实施的关键一环，尤其是移动医疗终端 5G 通信模块需和终端设备高度集成、一体化设计，集成 5G 模组的行业终端通常需要较长的开发、验证、集成和认证过程，且现阶段 5G 模组存在尺寸大、功耗大、行业适配的问题，面对以上挑战，中大八院 5G 项目组进行一系列创新性设计和探索，全国首创在医疗推车（移动医生车、移动护士车、床边

会诊车、远程视频查房推车、智能抢救车）的机箱主板上集成 5G 通讯模组，解决 5G 医疗终端缺乏的难题，可复制性强，具有行业示范效应和里程碑意义，一期已经实现了医疗推车 5G 模组植入，首批改造 36 台推车。5G 平均下载速率 600Mbps，房间内外都较为流畅，可在 10~20 秒内完成 500 张以上 CT 影像序列的加载，影像序列浏览过程中无任何延时。



5G 移动医生车 5G 移动护士车 5G 床边会诊推车
远程视频查房车 5G 智能抢救车



5G 路由器
华为 CPE 5G 手机
华为 5G Pad 5G PDA (2020 年底)

业务应用

借助 5G 广覆盖、5G 卫生专网无缝对接医院内网的便利，中大八院项目一期实现 5G 家庭远程照护平台、智慧区域急救平台、远程会诊平台、智慧病房交互平台等多平台协作。

- 移动医护**
 - 通过 5G 网络，使用 5G PAD 进行每日例行查房，移动医生车、移动护士车在移动医护工作站上快速运行各类信息系统，让医护人员移动办公更快速、便捷。
- 智能抢救车**
 - 患者在社康中心需要紧急抢救时，区域互联的智能抢救车系统支持一键开启智能抢救。需要上级医疗机构的专家指导，可直接在抢救界面发起远程抢救指导，实现医院 - 社康二级联动抢救，充分发挥社康中心就近急救功能。
- 院前急救**
 - 通过 5G 卫生专网打通院内院外网络，实现“上车即入院”的服务，患者上车即开始挂号、建档，救护车上的患者生命体征、心电图、高清视频、车辆位置等信息实时传输到医院急救指挥中心，实现“患者未到信息先到”，急诊医生第一时间了解患者情况，提前做好院内急救准备工作，院前数据对接院内预检分诊系统，提前准备院内急救绿色通道，预留床位等，减少院内检查、交接耗时，节约患者救治时间。
- 远程会诊**
 - 专家可通过 5G 手机、5G PAD、会诊推车随时随地接入开展移动会诊、ICU/特殊病人床边会诊、院间远程会诊，打破时间和地点限制，照顾病人困难，提高诊断准确率和指导效率。8 月 12 日连线北京宣武医院成功进行 ICU 床边会诊，床边会诊两端音视频沟通清晰流畅、无延时，病历、医嘱、影像、检验等数据同屏同步显示、零等待。
- 智慧病房**
 - 5G 智慧病房提供了以 5G 卫生专网对接院内内网为基础的辅助诊疗、智能护理及病房管理一体化解决方案，5G 智慧病房实现患者体征指标、输液监控等数据的实时采集、回传和监测，助力医院精益管理和效率提升。

截止目前，福田区医联体 5G 智慧医疗项目在中山大学附属第八医院试已经运行了 3 个月。未来，针对医疗终端全 5G 接入、公网专用切片管理系统、以及面向物联网的精准定位等应用还将进行持续的推进与探索。



新昌人民医院 5G MEC 切片专网

5G MEC 切片专网是医院最重要的信息化基础设施之一。引入新型医疗数字化辅助技术，提升了我们医生对病情分析及手术规划的能力，全息可视化的术前沟通，降低了医疗事故风险。远程视频融合的专家指导，提升了远程协同的诊疗能力，更有助于专家资源的高效利用。

姚灿珍

新昌县人民医院党委书记

合作
单位



案例综述

2019年，浙江省全面开展县域医疗卫生服务共同体（简称医共体）建设，促进优质资源下沉、提高基层医院的看病救治能力。新昌县人民医院医共体以新昌县人民医院为中心，为县域内乡镇卫生院开展远程医疗服务，希望运用医疗行业信息化先进技术和5G智慧医疗应用，完善和落实以医共体为架构的分级诊疗体系，提升基层医生读片阅片能力和诊治复杂病情的能力。

浙江联通联合合作伙伴在新昌县人民医院调研后，聚

焦医学影像类的拓展应用和远程手术教学指导。2020年5月，项目完成从核心网、承载网到无线网的端到端5G网络切片和MEC环境搭建。首批试点科室，包括脊柱科、手术室、大市聚卫生院等可通过5G终端使用三维影像重建、MR辅助手术规划、AR远程手术指导等创新技术，应用于移动查房、医患沟通、医生之间诊疗方案沟通和临床教学等多个场景。

解决方案和价值

新昌县人民医院医共体5G网络切片作为浙江联通首个切片应用测试项目，搭建5G SA端到端网络环境，并验证SA网络和切片配置功能，同时还搭建了边缘云计算环境，进行业务软件、应用终端、切片订购的部署，实现了基于“5G+MEC+切片”网络承载的“三维影像重建、MR辅助手术规划和AR远程手术指导”业务。



三维影像重建



MR 辅助手术规划



AR 远程手术指导

5G+MEC+ 切片

01 高性能 MEC 边缘云

医学影像的数据规模较大，传统的基于 CPU 的三维重建算法并不能很好的达到实时性的需求。为此，新昌 MEC 边缘云平台配置了 GPU 板卡，并使用 GPU 虚拟化软件将 GPU 资源重新划分，该超性能异构计算平台提供了强大的三维重建、影像渲染、视频处理能力的同时还满足了业务对时延的性能要求。同时，边缘云平台与医院

PACS 系统对接，每天实时接收医院 CT 和 MRI 等影像文件。MEC 服务器配置 SSD 硬盘，保证影像数据的读写速度和存储时间，满足一个住院病人在 10~15 天的平均住院时间期间，医生可以随时调取住院病人的影像数据进行医疗诊断。

02 网络部署及切片配置

根据新昌县人民医院医共体试点科室和卫生院位置区域，采用宏微站结合方式进行 SA 网络覆盖，通过一网两用的虚拟专网模式，兼顾医疗专业应用与公众用户通信需求。杭州核心机房部署了 5G 核心网的控制面、管理面、切片管理单元和公共用户面网元等，新昌本地汇聚机房则部署了边缘 MEC/UPF。核心网上，分别配置两个切片 ID 和 DNN，区分公共业务和切片业务，对应设置不同

路由和 QoS，无线侧选用基于 5QI 的差异化调度方案实现切片设置，承载网选用硬切片方式。

通过现网测试，网络时延平均 7.8ms，空口带宽比公众切片带宽大的情况下，当公众切片拥塞，普通用户通过手机使用视频业务出现卡顿，而专有切片下的医疗用户业务体验正常，不受公众业务高负荷影响。相关数据如下：

三维影响重建体验描述	测试带宽	时延值
影像缩放 / 旋转流畅，无时延感知	20Mbps	10ms
影像缩放 / 旋转，略有延迟	10Mbps	110ms
影像缩放 / 旋转，延迟较大	3Mbps	179ms

公共用户 1 灌包	公共用户 2 业务体验 (ms)	公共用户 2 时延	医疗终端业务体验	远程示教终端时延
100%	视频卡顿 / 长时间缓冲	286ms	流畅无卡顿	28ms
50%	业务流程	26ms	流畅无卡顿	27ms

业务应用

01 三维影像重建与三维影像 MR 呈现



三维影像重建

基于 5G MEC 的医学三维云影像工作站，集高效图像处理、人工智能、混合现实全息可视化和云技术为一体，实现影像数据的获取、传输、导入与保存，支持多专科模块，能够在多个门诊科室应用。通过 5G 将三维模型推送至移动终端，能够全息显示与全方位观察 3D 影像数据，并支持 3D 打印。

在医共体各机构间开展远程医疗时，终端只需访问本地边缘云即可完成数据重建工作，无须额外的本地硬件

和网络配置。5G 边缘云医疗工作站强大的智能化检索、调用、重建、分割、还原等功能提供了全新的影像资料使用方式，有助于深度挖掘影像数据的使用价值。

5G 与 MR (混合现实) 技术结合，将二维 DICOM 数据转化成三维影像或动画，并将其呈现在现实空间中，实现影像数据的全息可视化，赋予外科医生“透视眼”，为精准外科的临床、科研、教学培训提供创新型应用影像数据的方案。



MR 使用培训

02 远程手术指导和示教

5G 医疗专网能够保障手术室的主刀医生与远端专家间建立实时在线的互动沟通，通过多路高清视频实时传输，并基于 AR 技术融合两方的视频在同一场景下，将远方专家的指导意见带入手术现场，如同远程专家“亲临现场”“手把手”的指导手术，实现了远程手术会诊的实时化、可视化、精准化。

同时，将手术进行中的画面实时直播至教研室或会议室，与会医生可与手术室医生进行实时交流，通过实时远程观摩有效的提高手术教学效率、改善教学质量。针对跨院区之间的医疗协作，可通过 5G 专网承载的远程医疗业务，采用指导和示教的方式，帮助基层医院提高业务水平，提升就诊率和救治率。



新昌县人民医院脊柱外科示教室



经验总结与后续计划

本项目成功探索了 5G +MEC+ 切片最新技术在医疗行业的应用，构建的 5G 端到端网络切片对不同业务类型提供不同的 QoS 保障，确保公众通信和医院医护人员 / 医疗设备通信分开，保障医疗业务大带宽、低时延、实时计算的 SLA 业务需求。三维影像重建业务 SLA 建模结果，已纳入中国信通院发布的《5G 端到端切片 SLA 行业需求白皮书》，指导后续医疗应用。

该项目以联通为主，建立医院、运营商、设备厂商和应用提供商共同参与的 5G 智慧医疗合作生态。MEC 边缘云上部署的三维影像重建等业务在新昌县人民医院开始临床

使用后，得到了科室主任的好评和医生的认可。浙江省 2019 年开始大力建设县域医共体，建立县、乡镇、村三级联动的医疗服务体系，新昌县医共体是其中一个重要示范点。中国联通未来将以新昌医共体 5G 智慧医疗专网作为孵化基地，在浙江省内和全国进行业务复制与推广。2021 年 5G 医共体专网将会覆盖到新昌县人民医院医共体下属的 11 个基层医疗机构，使各医疗机构间借助安全高效的行业专网，实现医疗资源互助与信息共享。在业务方面，将三维重建等智慧医疗应用逐步推广到骨科、普外科、神经外科等到更多临床科室应用，助力基层医疗机构提升医疗服务水平。

中央广播电视总台 5G+4K/8K 制播平台



中央广播电视总台按照习近平总书记指示精神，强化创新驱动发展战略，加快“5G+4K/8K 超高清制播示范平台”项目建设，并以该项目为抓手，推动总台从传统技术布局向“5G+4K/8K+AI”战略格局转变，引领我国 5G 媒体行业应用和超高清产业快速发展。

姜文波
中央广播电视总台编务会议成员

合作
单位



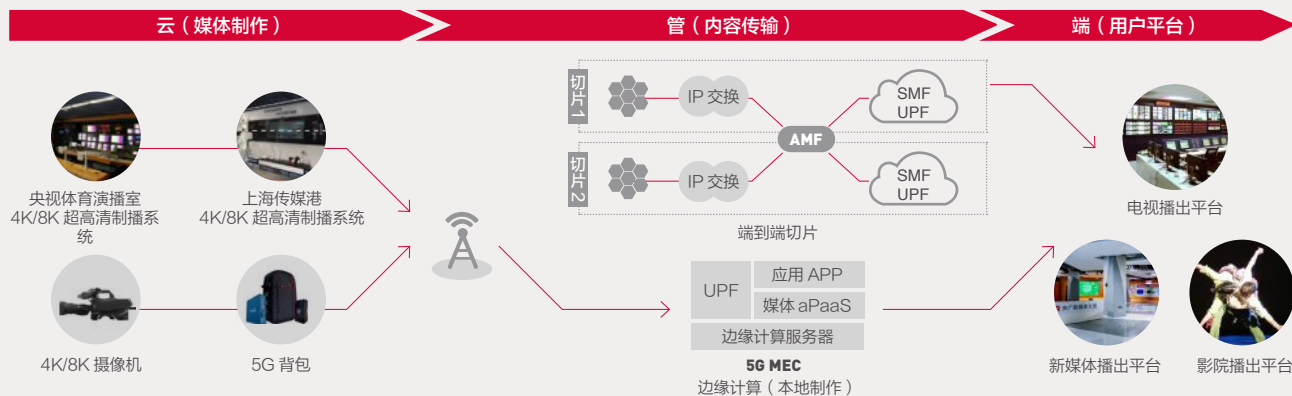
案例综述

2020 年 6 月，紧密围绕中央广播电视总台的“5G+4K/8K+AI”战略目标，充分利用 5G、AI 等新技术手段，由中央广播电视总台牵头，中国移动通信有限公司、华为技术有限公司、国家广播电视总局广播电视规划院、广东省超高清创新中心、北京数码视讯科技股份有限公司参与，建设北京总部和上海传媒港 4K/8K 制播系统，并围绕节目制播需求建设 5G 网络，扩大超高清节目制播和分发能力，项目总投资 4.19 亿元。

项目采用室外宏站覆结合室分的建设方式，建设覆盖总台光华路办公区、复兴路办公区、上海传媒港的 5G 专网，包含室外、演播室、会议室、贵宾厅、办公区、重要走廊等多个区域，总面积超过 10 万平方米，并完成与台内网络的安全对接，助力台内人员通过 5G 网络实现媒资的处理。

项目在总台光华路办公区、复兴路办公区、上海传媒港各建设一套边缘计算平台，平台包括基础系统、存储系统、5G 分流系统（含 UPF）及存储数据库，在部署大容量存储的基础上，根据视频编辑和处理的具体需求再部署 GPU 等硬件实现图形处理的加速，实现 4K/8K 超高清视频的制作和播出。

项目将打造一套网络切片运营管理平台，作为中国移动对总台网络切片业务的门户网站，支撑总台超高清制播方面的网络切片需求，实现 5G 网络端到端的切片，保障超高清视频传输的稳定性、安全性和可靠性。并建设网络切片所必需的通信服务管理功能和网络切片管理功能，作为网络切片的底层能力支撑。



“5G+4K/8K 超高清制播示范平台”5G 应用示意图

行业挑战

产业现状

中央广播电视总台 2018 年开播了中国首个上星 4K 频道。电信运营商方面, 中国电信、中国联通、中国移动于 2015 年开始, 在 IPTV 中推出了 4K 电视节目。随着 4K 影视的逐步普及, 未来我国 4K 电视出货量将进一步提高, 预计 2020 年我国 4K 电视出货量将近 4500 万台。为了更好的促进 4K、8K 产品普及, 加快超高清视频产业发展, 2019 年 3 月 1 日, 工信部、国家广播电视总局、中央广播电视总台印发《超高清视频产业发展行动计划》, 计划指出 2022 年 4K 电视终端全面普及, 8K 电视占比要达到 5%。

5G 与超高清协同发展

由于超高清视频分辨率要达到 4K 甚至 8K, 而且帧率要达到 50 帧以上, 图像采样比特数提升到 10 比特, 同时图像增加高动态范围(HDR)标准, 对带宽的需求在几十兆到上百兆。超高清视频对带宽的需求与 5G 的 eMBB 匹配, 业务成熟度高, 奠定了面向以超高清视频为主的 eMBB 业务的 5G 网络商用基础, 超高清视频也成为推动 5G 发展不可或缺的业务。

解决方案和价值

5G+4K/8K 超高清制播示范平台是以 5G 网络为基础, 借用 5G 大带宽、低时延、广连接的特性, 实现超高清视频的采集、传输、制作和播出, 实现业务流的全面升级, 提升采编播的效率。

01 5G 基础网络

总台总部的 5G 网络覆盖光华路办公区和复兴路办公区, 根据业务属性, 划分为重点区域和非重点区域, 分别部署新型室分和传统室分。上海传媒港的 5G 网络覆盖室外和室内演播室大厅等技术区域。其中室外覆盖会新建 5G NR 宏站, 实现室外区域 5G 全覆盖。室内覆盖采用新型

室分方式, 实现室内区域 5G 全覆盖。并实现 5G 网络分别从核心网侧、边缘计算节点侧、空口侧与总台基础网络系统的紧密结合, 用于满足总台园区内、上海总站、园区外不同移动场景、不同业务应用所需的网络访问需求

02 边缘计算平台

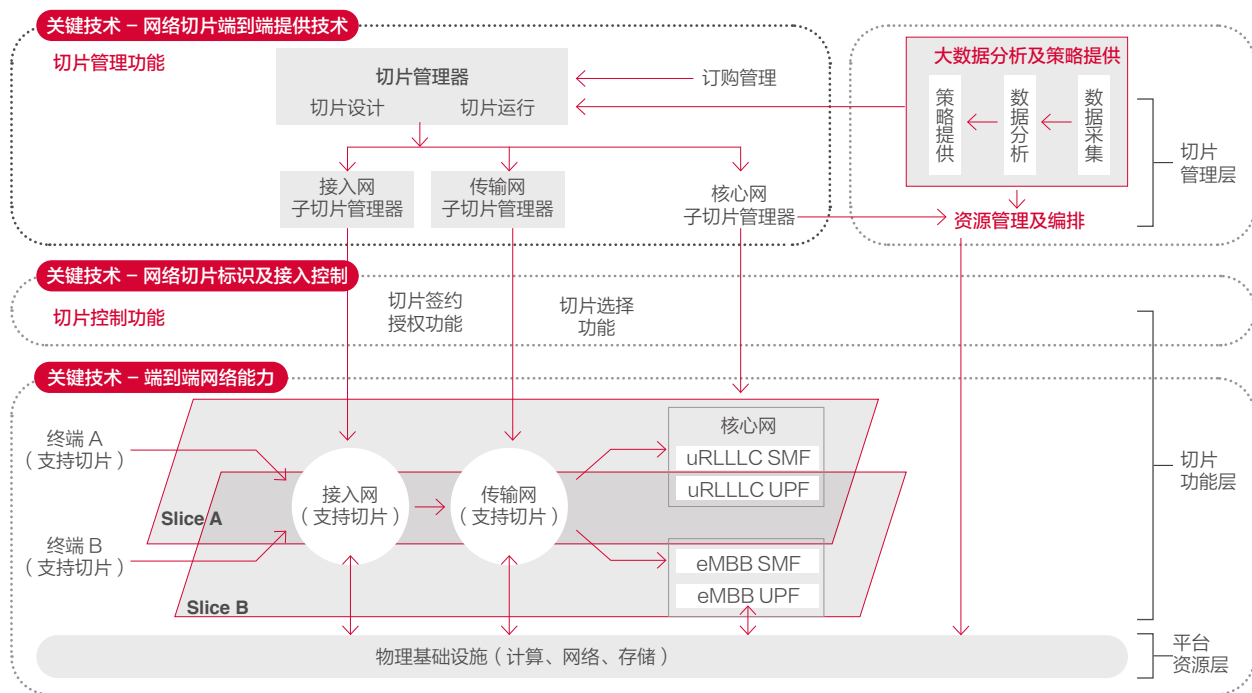
基于 5G 网络的边缘计算可以把在云端的计算和存储能力拉到靠近用户侧的本地端, 进而形成边缘云的能力。借助 5G 网络大带宽的特性, 超高清视频可以快速的从客户侧传送至边缘云进行实时编辑、存储、传输等操作, 大大的降低了端到端的业务时延。相比之前 4G 网络配合云端制作的模式, 不仅提升业务效率, 在可靠性、安全性等方面也有了极大的提升。

边缘计算平台上下行带宽能够稳定达到 1Gbps, 可以实现 5G 网络覆盖下的台内和台外区域提供接入服务。需要具备 10 路 4K 码流的业务处理能力, 与总台的私有云在建立安全访问策略的基础之上, 互联互通。平台实现 5G 网络接入、选择 UPF、应用部署、互联网访问四点功能, 手机、PAD、OA 机、移动非编等移动编辑终端通过台内、台外 5G 网络接入, 访问台内的边缘计算平台, 进行实际的业务处理。

03 网络切片运营管理平台

面向总台 4K/8K 视频直播场景, 根据媒体传输数据安全性隔离度要求采用运营商 5G SA 公网切片部署方案, 在 5G 公网内划分物理或逻辑隔离的 5G 端到端网络切片资源, 用于承载媒体数据和业务, 做到公网专用, 满足媒体行业数据的安全性和隔离性需求。

即使在无线接入网、传输网及核心网等网络节点出现拥塞的情况下, 业务仍然不受影响, 视频播放清晰、流畅。利用 5G 网络高速率, 大带宽, 低延迟、高保障等特性, 为总台媒体业务打造一条“直播专用通道”。



网络切片整体架构图

通过 5G 专网、边缘计算平台、网络切片运营管理平台的建设，助力总台实现超高清视频的采集、编辑和播出。在原有 4G 网络条件下，视频节目只能采取标清或高清的形式。5G 专网建设完成后，可以实现总台 40Mbps 节目(4K)的实时回传，并能够保证传输通道的一主一备，即传输带宽达到 80Mbps，还可以实现单路 160Mbps 节目(8K)的实时回传，保证节目播放不卡顿、不花屏。节目实时回传

的应用主要使用的是上行带宽，所以节目的传输不仅应用到 5G 大带宽的特性，还使用了时隙配比技术，增加上行带宽的通道，确保超高清的信号回传稳定。通过 5G 网络，总台的 5G+4K/8K 便携传输系统可以在移动状态下轻松的实现摄像机输出的 4K/8K 超高清信号本地编码、加密，并通过 5G 网络回传，极大的解决了超高清节目制作中机位固定的难题，使得节目制作方式更加灵活。

对行业影响

改变制播的生产模式： 媒体行业对于无线通信技术有着天然的需求，“到得了，拍得着，传得回”是电视节目，特别是新闻报道的重要诉求。5G 网络可以有效打破现有制播体系中对于信号采集、编辑制作、播出分发和终端收视各个环节的物理地点限制，将固定时间固定地点的预约生产模式，转变为任意时间任意地点的自由工作方式。
新节目的播出形态： 5G 网络的大带宽、低时延特性还

特别适合于超高清等高带宽业务的传输分发，基于 5G 网络的新闻直播、移动制作、VR 推送、大屏小屏互动式观看等业务很可能成为主流模式。5G 带来的移动化浪潮将会把媒体生产和传播格局带入新一轮发展时期，全面实现规模化的超高清节目采集制播、传输分发和节目供给，这将为全国电视观众及海外观众以及新媒体用户提供源源不断的、种类丰富的超高清节目。

经验总结与后续计划

截止 2020 年底，已基本完成总台光华路办公区、复兴路办公区的 5G 专网覆盖工作，满足总台日常生产、办公对于网络的基本需求。

项目后期要在光华路办公区搭建边缘计算平台，确保至少 10 路 4K 码流的业务处理能力。在此基础之上，平台承载媒体类的编辑应用，用于直播收录、媒体处理、融合生产、手机制作等多项业务，满足总台对于视频编辑类的需求。

并与总台进行 4K 超高清视频的网络切片测试工作，保证在核心网流量拥塞时，视频信号的网络回传不受影响，节目仍然能够正常播出。进而明确总台对于网络切片的业务需求，定制化的建设网络切片运营管理平台，能够让总台以及其它媒体单位根据业务需求随时随地的使用网络切片的能力，确保新闻素材的实时回传。

中央广播电视总台 5G 新媒体实验平台

随着我国 5G 的规模化部署和商用，将不断促进 5G 新应用加速发展。在媒体领域，超高清视频是当前 5G 商业应用的最大亮点，5G 正在催生超高清视频更加广泛的应用场景和市场需求，推动我国超高清视频产业飞跃发展，并不断孵化新的商业模式。未来，中国联通还将继续深度拓展 5G 技术在媒体领域的应用，联合各方共同深入研究 5G 技术在 5G 新媒体、5G 融媒体的产业化应用，为我国经济转型创新发展做出贡献。

任立刚

北京联通产业互联网运营中心首席技术官

合作
单位



案例综述

2018 年，中国联通联合华为公司率先在中央广播电视总台光华路办公区基于专用独享的 5G 环境成功完成多路 4K/8K 超高清信号的回传，电视直播体验良好。2019 年，三方在国庆七十周年阅兵、武汉军运会、一带一路峰会、上海世界移动大会、全国广播电视媒体大会等一系列重大活动和体育赛事中通过 5G 新媒体实验平台的成果，成功实现了 5G+4K/5G+8K/5G+VR 等现场直播的尝试及初步应用，均取得了良好的效果。

2020 年 5 月，为进一步保障 5G 在超高清视频传输中的稳定可靠性，三方共同开展了 5G 媒体直播端到端切

片和基于 MEC 的媒体非编测试工作。5G 无线和核心网通过灵活的切片配置和带宽调度实现更高的 SLA 保障，利用总台 5G 新媒体实验平台专业视频设备，实现直播业务质量不受损，无卡顿、花屏等现象，证实 5G 切片可保障超高清视频的稳定传输，该切片成果在 2020 年 9 月北京服贸会上得到充分运用，成功保障总台多路 8K 超高清视频直播。同时中国联通联合华为公司还为总台提供了基于运营商 MEC 的媒体非编工作的测试试验，为 5G 技术深入广电媒体行业核心生产环节做出来有益的尝试，进一步推动了 5G 技术在电视新闻直播领域中的实际应用。

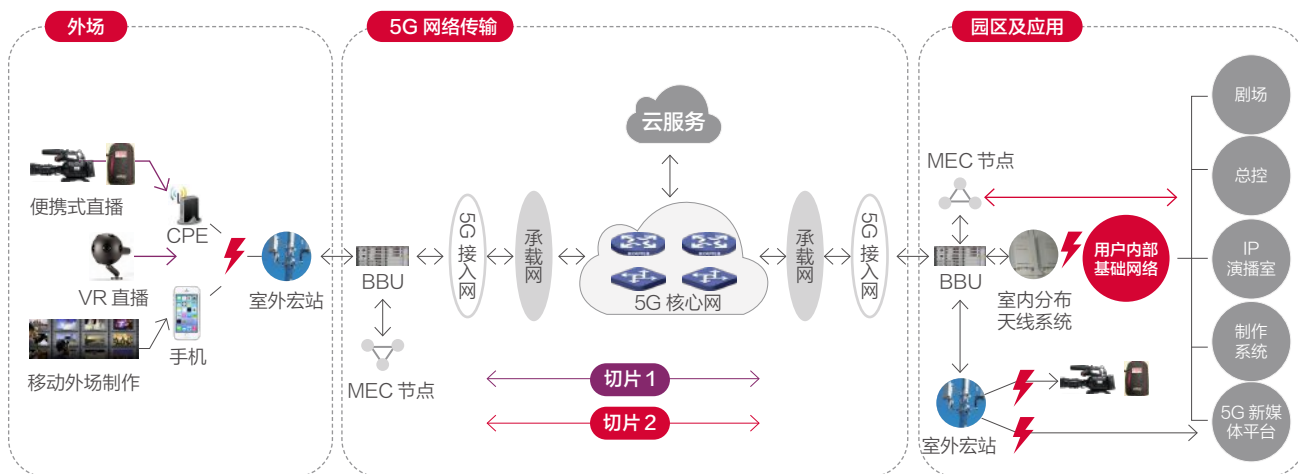
行业挑战

外场直播节目前端采集系统通常采用有线、微波方式进行高清视频信号回传，转播车进行现场导播编辑工作，转播车成本高，升级换代复杂，并且有线回传布线拆线困难，耗时耗力，移动性差，微波回传受天气和位置影响较大。当前的机制极大制约了节目的生产和制作，难以满足新媒体快速发展的需求，媒体前端生产变革已形成行业共

识。5G 提供的上行大带宽和低时延能力，将对视频采集、内容制作及高速分发等环节带来变革，催生新的媒体生产方式。5G 切片技术可提供 E2E 上行带宽可靠保障，解决 4K/8K 超高清上行带宽问题，并且切片像云资源一样即买即用。基于 5G MEC 的视频编辑、转码分发使本地编辑成为可能，5G 给新媒体的发展带来无限想象空间。

解决方案和价值

经各方共同努力，总台 5G 新媒体实验平台输出多项成果，极大推动了新媒体生产方式的变革。



01 便携式 5G 超高清发射机（5G 背包）



该设备集成了 5G 通讯模组、HEVC 编码器、电源，适合广电媒体外场采访的单兵级便携式采访。前端摄像机采集的 4K 原始视频源接入 5G 背包，经过背包内置的 4K HEVC 编码器编码后，采用 CBT 多链路聚合传输技术，经运营商 5G 网络上传，后端通过 VPDN 专线在服务器接收管理软件进行视频解码、预览、转发等处理，再输出至直播平台播出。与 H.264 相比，HEVC 编码在同等画质下码率可节省 50% 带宽，高效的压缩可以让后续传输过程中同样的带宽传输更多的数据。5G 背包还支持低延时模式，在 2019 年总台国庆 70 周年阅兵庆典活动 5G+4K 直播中得到成功应用。与此同时，中国联通还与总台携手共同完成了《中央广播电视总台 5G 媒体应用白皮书》，该白皮书提出了 5G 网络环境下媒体直播业务应用新形态，提出了采集传输、移动云制作、VR 制作及分发等关键环节的业务和技术标准，为 5G 与媒体生产的深度结合和快速发展打下坚实的基础。

02 5G 切片在媒体直播中的应用

中国联通携手总台、华为公司等合作伙伴，通过针对不同类型的直播场景分析，输出了不同 SLA 的切片模板，经过 5G 无线、承载、核心网端到端切片的测试，验证了 5G 场景下切片对直播时延、码率和丢帧率等的影响，达到预

期效果。测试严格参考中国联通集团最新发布的《中国联通 NR 无线侧 QoS 标准化参数集_v7》、《中国联通切片分级模板移网业务标准》等标准。配置如下：

业务	5QI	上行调度因子	DSCP	FlexE 切片	队列	DNN
普通直播	9	200	26	无	AF3(WFQ)	bjzq.5Gqptest1.bjapn
网红直播	8	400	18		AF2(WFQ)	bjzq.5Gqptest1.bjapn
高价值直播	6	800	18		AF2(WFQ)	bjzq.5Gqptest1.bjapn
特殊保障直播	4	GBR	34		EF(PQ)	bjzq.5Gqptest2.bjapn

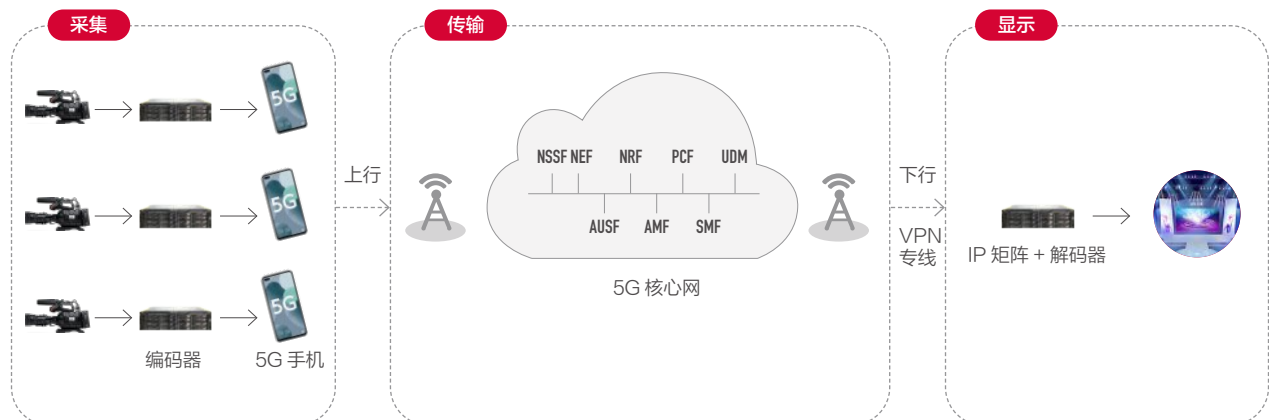
实验证明 Non GBR(5QI=6/8/9) 业务在空口资源存在竞争时会按照 5QI 调度因子比例 (其他条件一致) 分配空口资源。GBR 和 Non GBR 业务在空口资源存在竞争时会优先保障 GBR 业务, Non GBR 业务分配剩余的资源。5QI 软切片方案是目前低成本、可快速部署的方案之一。



北京联通长话大楼模拟软件测试情况

总台新址 49 层新媒体实验平台测试情况

同时通过总台 5G 新媒体实验平台的专业视频设备, 通过一路 4K、一路 8K 同时传送造成 5G 室分上行拥塞, 从实际图像上看到, 5QI=4 的 4K 超高清视频几乎没有影响, 质量得到保障, 而 5QI=8 的 8K 超高清视频则花屏卡顿严重, 质量无法得到保障。实验说明增值切片 EF 队列或专享切片网络质量更优, 保障效果更好, 更适合需要特殊保障直播业务场景。同时各方还进行了承载侧采用 FlexE 硬切片的测试, 为下一步开展 RB 资源预留的硬切片产品做准备。



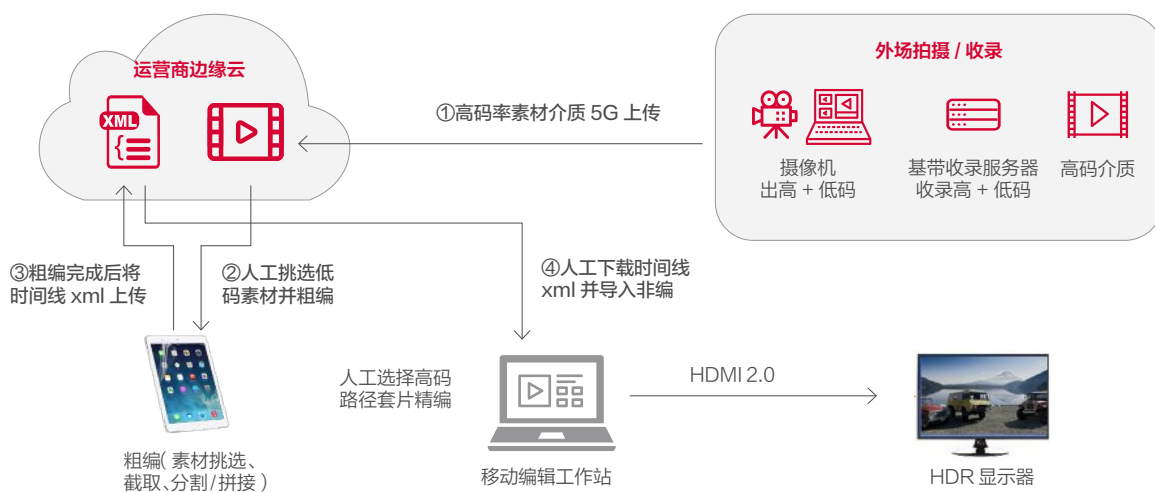
2020 年中国国际服务贸易交易会期间，中国联通率先应用上述实验成果，采用 5G 切片+VPDN 技术，通过 5QI 软切片技术，实现了总台现场 3 路 8K 视频直播信号同时传送展示，成功保障了每路 8K 信号的带宽稳定在 160Mbps，同时通过 5G 专网技术，将近 500Mbps 的下行流量稳定传输至现场大屏播出，本次服贸会中国联通首次将 5G 切片和 5G 专网成功应用于实际使用场景中。



03 基于运营商 5G 边缘云应用实践

2020 年 8 月，中国联通携手华为公司等合作伙伴，为总台提供了基于联通西三旗布局级 MEC 的应用实践，提供了虚拟机、GPU、NAS 等一系列计算和存储单元资源池，总台则在这些资源池上部署其生产用非编软件，体验通过 5G 网络进行 MEC 云端的节目在线编辑生产，非编软件在云端运行及渲染，编辑界面通过远程投射技术，在本地瘦终端中展现，边缘云端将 HDR 监看画面流化，实时推送至本地瘦终端，瘦终端通过显卡 HDMI 输出 HDR 画面进行监看，解决云端制作无法进行高质量监看的问题。此模式可大大提高非编的利用率。

从前期实验的数据来看，5G+ 边缘云在上下行速率、时延等方面均能够满足媒体 4K 超高清在线编辑工作的要求，基于运营商边缘云进行虚拟化非编部署的应用是可行的，为下一步继续开展相关测试和研究打下良好的基础。



经验总结与后续计划

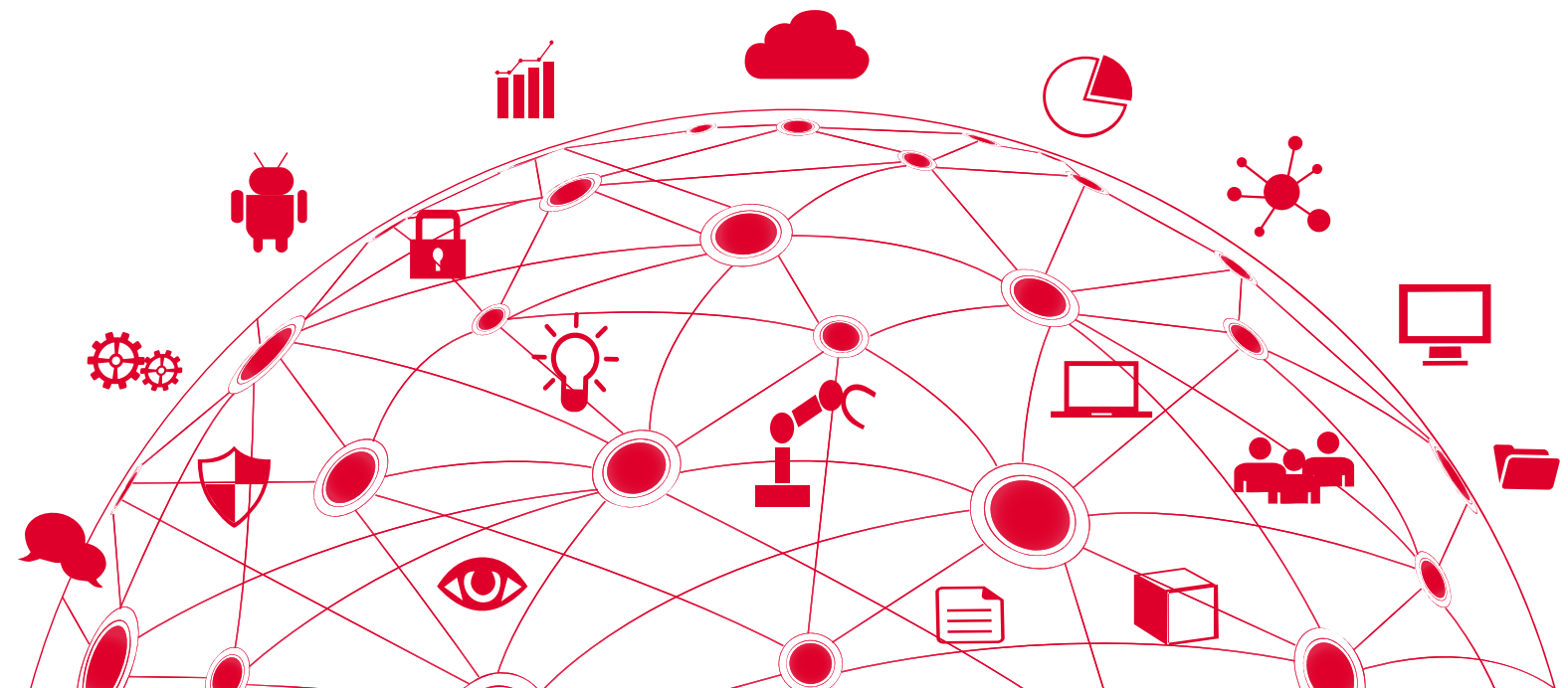
4K 超高清视频的网络传输带宽要求为 40-60 Mbps，8K 超高清视频要求 100-160 Mbps，5G 网络的大带宽特性可使上行速率稳定在 100 Mbps 以上，且 5G 切片技术可满足视频传输对网络丢包、抖动、时延的要求，经总台的一系列现场试验和应用证明 5G 网络在上行带宽及可靠性上完全可以满足广电媒体 4K/8K 超高清视频直播的需求。通过媒体直播切片的测试总结了切片模板和切片产品的设计方法，后续结合切片自动化运营平台 CSMF 和 NSMF 实现媒体直播切片产品的订购，为行业客户

提供可定制的切片产品。

基于 MEC 的总台 5G + 4K 超高清采编系统一方面总台可以将外场采集的视频存储在 MEC 边缘云上，同时通过基于运营商边缘云上的非编，大大提高节目的时效性和工作效率；另一方面通过 MEC 进行本地分流，减少视频流量对 5G 核心网的冲击，降低时延。

随着 5G 技术不断成熟与日趋完善，5G 切片及 MEC 技术将为超高清视频直播提供新的动能，孵化新的商业合作模式，推动新媒体生产方式变革。

5G





Floor 2
The Walbrook Building
25 Walbrook
London EC4N 8AF
United Kingdom

电话: +44 (0)20 7356 0600
传真: +44 (0)20 7356 0601

