



中国 5G 垂直行业应用案例 2020



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连结着 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 | • 中国电信 |
| • 中国联通 | • 华为 |
| • 中兴通讯 | • 爱立信 |
| • 上海诺基亚贝尔 | • 大唐移动 |
| • 咪咕 | • 海尔 |

* 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
基于 5G 边缘计算的智能柔性生产	03
天津海尔洗衣机工厂 5G 智慧园区	07
中国商飞 5G+8K 飞机表面质量监测	10
新凤鸣基于 MEC 的智能车间	12
三一重工 5G 智能制造	14
湖南华菱湘钢 5G 智慧工厂	19
天津港 5G 智慧港口应用	21
武汉 5G 智能网联汽车测试示范区	24
5G BRT 智能网联车路协同系统	27
5G 在智能电网中的应用	30
咪咕 5G 快游戏	32
江西南昌红谷滩 5G 云 VR 精品示范区	34
基于 AI QoE 的 5G 云 VR 教育应用	37
中国慕课大会 5G+ 超远程虚拟仿真实验	40
基于 5G 技术的医院网络建设标准	42

前言

“2G 跟随”、“3G 突破”、“4G 同步”、“5G 先行”，中国移动产业近年来取得的进步有目共睹，5G 在中国的发展以及对全球移动产业的影响也备受瞩目。根据 GSMA 智库最新预测，到 2025 年，全球将有 411 个运营商在 119 个国家和地区商用 5G，届时，全球 5G 用户数将达到 18 亿，其中中国将占到总用户数近 45%，成为全球最大的 5G 市场。

根据 GSMA 对全球 2000 多家企业负责人调研显示，5G 与垂直行业的深度融合将是 5G 成功的关键之一。预计到 2030 年，对运营商而言，通过 5G 赋能的全球垂直行业市场规模总量将达到近 7000 亿美元。如何更好地把 5G 技术服务于垂直行业，并推出超越连接的创新服务与价值将是把握住这个潜力巨大的新兴市场机会的关键。

2019 年，伴随着中国 5G 商用服务的开启，中国的移动运营商、垂直行业以及技术公司正在积极合作与实践，将 5G 技术逐步应用于工业制造、交通运输、传媒与物流等诸多垂直行业，赋能行业的数字化转型。在和广大伙伴的沟通过程中，我们深刻认识到，5G 行业应用的探索是个分阶段、分重点的长期过程，明确场景、制定标准、合作创新是推动 5G 在行业发展的不二法则，同时这个赋能的过程也需要我们有耐心、有恒心，深入了解行业的真实需求，并不断的调整和完善。

《中国 5G 垂直行业应用案例 2020》共汇集了 15 个中国领先的 5G 行业应用实践，涵盖工业制造、交通运输、电力、医疗、教育和内容等诸多领域，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。每一个案例的背后都是一群坚定的 5G 应用的先行者，以开放、合作、创新的态度不断探索，我们也衷心希望通过报告中梳理的应用场景、项目反馈以及经验思考，能够为中国和全球接下来 5G 技术在行业应用中的推广与发展中带来参考与启发！



斯寒
GSMA 大中华区总裁

当前，第四次工业革命正蓬勃兴起，与世界经济新旧动能转换形成历史性交汇。移动通信经历了第一代到第四代发展，已步入第五代移动通信（5G）商用元年。5G 作为新一代信息技术，将从移动互联网扩展到移动物联网领域，与经济社会各领域深度融合，全面构筑经济社会发展的关键信息基础设施，培育经济发展新动能、打造社会治理新模式、拓展民生福祉新内涵。

5G 融合应用是新生事物，需要探索新产品、新模式和新业态。为推动 5G 应用发展，中国信息通信研究院与 IMT-2020（5G）推进组，于 2018 年和 2019 年连续主办两届“绽放杯”5G 应用征集大赛，面向行业、企业及个人广泛征集 5G 应用，凝聚社会民众智慧，促进行业转型发展，深入挖掘并孵化 5G 特色应用。大赛得到社会广泛关注和支持。2019 年，大赛共收到项目 3731 个，点燃了全社会创新的热情，带来 5G 应用创新高潮，涌现出大量新产品、新业态和新模式。

《中国 5G 垂直行业应用案例 2020》精心收录了 15 个中国 5G 行业应用优秀案例，其中包括部分“绽放杯”的优秀作品。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 融合应用需要持续不断的探索，中国信息通信研究院愿与全球各界朋友通力合作，共同构建 5G 应用创新繁荣生态。



王志勤
中国信息通信研究院副院长

基于 5G 边缘计算的智能柔性生产



5G 为“万物互联”而来。爱立信积极参与 5G 技术和产品研发、标准制定和产业推广。罗博特科项目是爱立信与中国移动江苏公司联合垂直行业合作伙伴罗博特科公司在 5G 智能制造领域开展的合作创新。我们希望通过项目发现 5G 对垂直行业的潜在价值，完善端到端产品和解决方案，培养产业合作伙伴和探索有竞争力的商业模式，并完善面向垂直行业 的服务和交付能力。该项目从开展至今已经在上述方面取得了显著进展。

陈明博士
爱立信中国移动业务部 CTO

合作单位



案例综述

罗博特科是专业的智能制造系统提供商，专注于为光伏、汽车电子、电子半导体、食品及药品等领域提供智能制造解决方案，包括智能自动化设备、智能检测设备、智能仓储设备、智能物料转运系统及智能制造执行系统，致力于通过创新技术让工业制造更柔性、更智能、更高效。

经过罗博特科与江苏移动和爱立信工业调研联合团队的多次探讨，三方都认为通过 5G 网络改造智能工厂是未来的方向。5G 可以释放无线技术在工业领域的应用空间，

为智能制造带来重大赋能支撑。

为此江苏移动、爱立信与苏州罗博特科公司于 2018 年 11 月 28 日签署 5G 智能制造联合创新战略合作协议，积极探讨在 5G 工业应用领域的合作，以“基于 5G 的智能工厂”为目标，在江苏省苏州市罗博特科工厂搭建小型化离散制造产线原型，用 5G 无线网络替代工业现场 OT 层的有线和 WiFi 连接，从而提升设备智能化水平，助力工业软件云化部署加速迭代，最终实现柔性制造、智能制造。



智能物料转运



汽车电子精密加工自动化



智能图像质检



智能 AR 巡检机器人

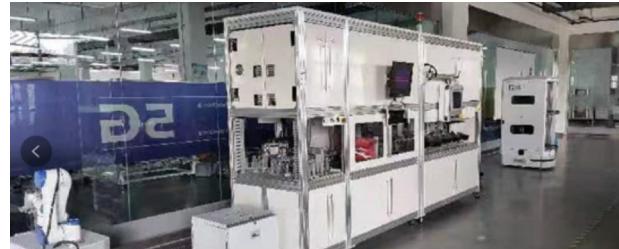
为 AGV 小车和智能接驳台提供稳定可靠的无线连接，提高 AGV 小车行驶稳定性和可靠性，提高生产线布局柔性。

为汽车电子精密加工设备、AGV 提供通信连接，并通过和 MES（制造执行系统），RMS（机器人调度系统）实时数据交互，实现自动化产线及生产可视化。

通过 5G 网络来完成相机拍照图片上传边缘云，云端检测后结果下发控制，将硅片按质量等级进行分选。

AGV 搭载高清摄像头，在行进过程中，实时对工厂环境进行拍摄，视频实时回传监控中心，远程对工厂车间环境进行监控，可有效降低人工成本，提高管理效率。并通过 AR 技术实现远程设备巡检。

本项目采用分阶段实施方案，第一阶段完成了无线替代 WiFi 和有线的技术验证；第二阶段完成了 5G 企业专网的部署，将工厂设备全部接入 5G 网络；第三阶段实现了完整的 5G 太阳能柔性产线搭建，探索云 AGV，云质检等创新的智能化工业设备和应用，打造智能化解决方案，为下游光伏制造企业赋能。



行业挑战

目前国内制造业面临技术改造和转型升级等问题，因此推动制造业数字化、智能化、柔性化生产成为转型方向。项目开始之初，通过对超过百家工业企业的调研，总结出制造企业向智能柔性制造升级过程中存在着以下挑战：

- 工厂网络多样化，协议众多，层间集成度不高，难以融合互通；
- 难以实现柔性生产：有线方式部署困难，影响产线柔性；工业 WiFi 存在众多弊端，其可靠性不高、覆盖范围有限；现有网络对高带宽低时延类应用支撑不足；
- 数据采集不畅，控制多部署在现场，设备间协同不足，

影响效率；

5G 作为支撑智能制造转型的重要使能技术，结合云计算、大数据、人工智能等技术，助力企业实现生产设备更智能以及生产管理更智能，打造更柔性的生产线，并将分布广泛的人、机器和设备连接起来，构建统一的工业互联网络。引入 5G 边缘计算、网络切片等新技术，运营商可以为工业客户提供更专业、更安全的云网一体化新型智能基础设施和轻量级、易部署、易管理的解决方案，助力企业向柔性制造、自动化生产、智能化方向演进。

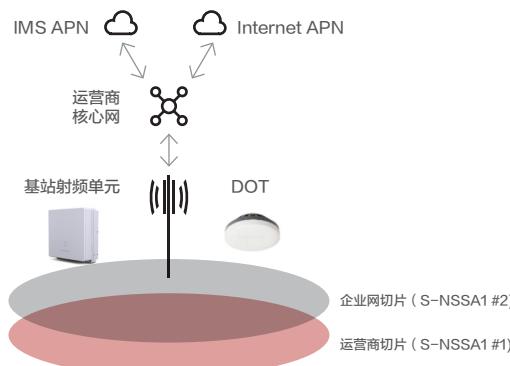
解决方案

在本项目中，江苏移动和爱立信为罗博特科建设了 5G 企业专网。爱立信 5G 企业级移动通信解决方案可针对不同工业客户对网络安全性、独立性、可靠性的不同需求，以及运营商对于企业级网络的管理，为企业控制投资成本、降低建设难度的诉求提供一整套网络解决方案。

在智能 AGV 的调度、智能故障应急处理等场景，需要网络端到端时延要控制在毫秒级。本项目充分利用 5G 技术优势，项目中空口用户面时延由 20ms 降低至 4ms，

并且将利用边缘云进一步降低时延，以满足调度等应用场景要求。同时，利用 5G 大带宽满足对于现场高清图像实时识别和处理的要求，单路摄像头实时视频回传需要上行约 20Mbps 带宽，VSLAM 3D 实时地图重建需要上行 100Mbps 以上带宽，CCD 质检需上行数十兆至数百兆（取决于工业摄像头分辨率），且需要高可靠、高稳定的网络传输，这些都是现有无线技术无法支撑的。

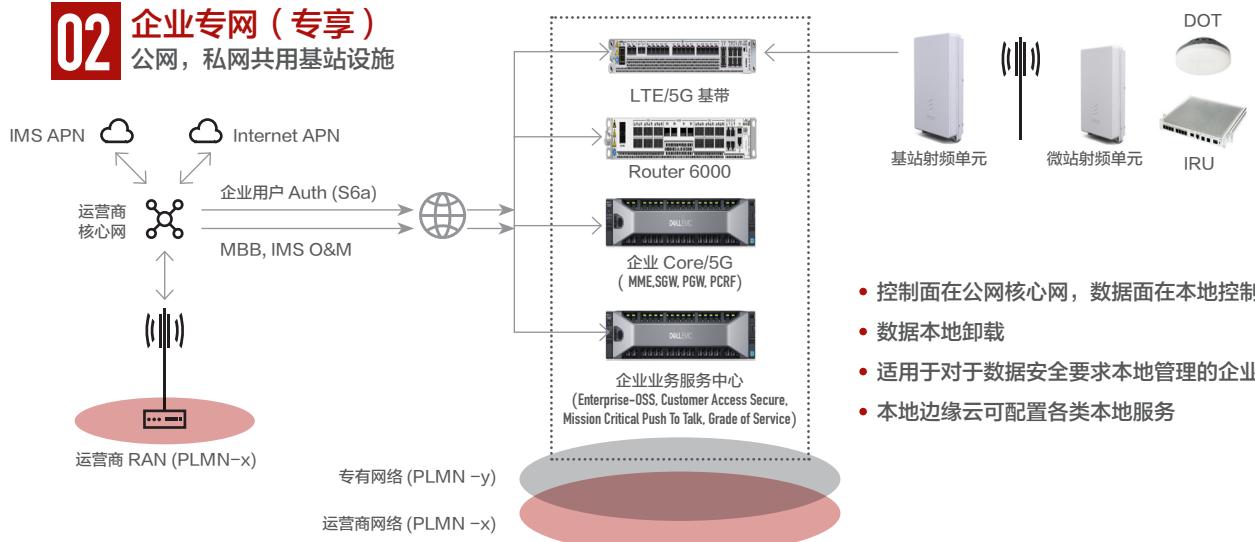
01 网络切片（优享） 纯 5G 网络逻辑切片



- 不需要企业本地部署硬件设备，可降低成本；
- 适用于数据敏感性要求不是很严苛的用户；
- 可根据企业性需求，配置不同网络切片；

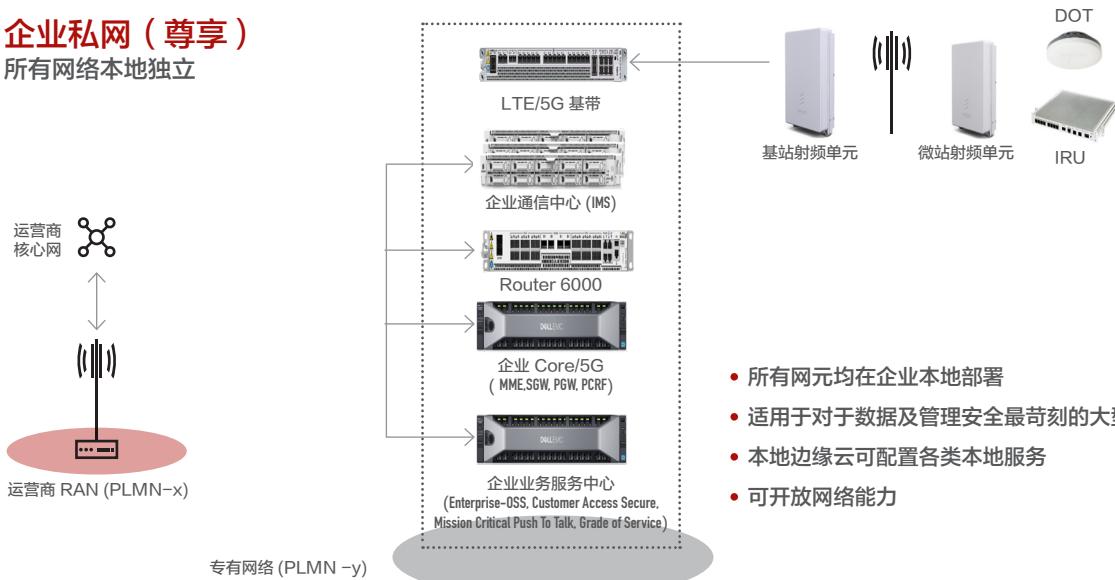
02 企业专网（专享）

公网，私网共用基站设施



03 企业私网（尊享）

所有网络本地独立

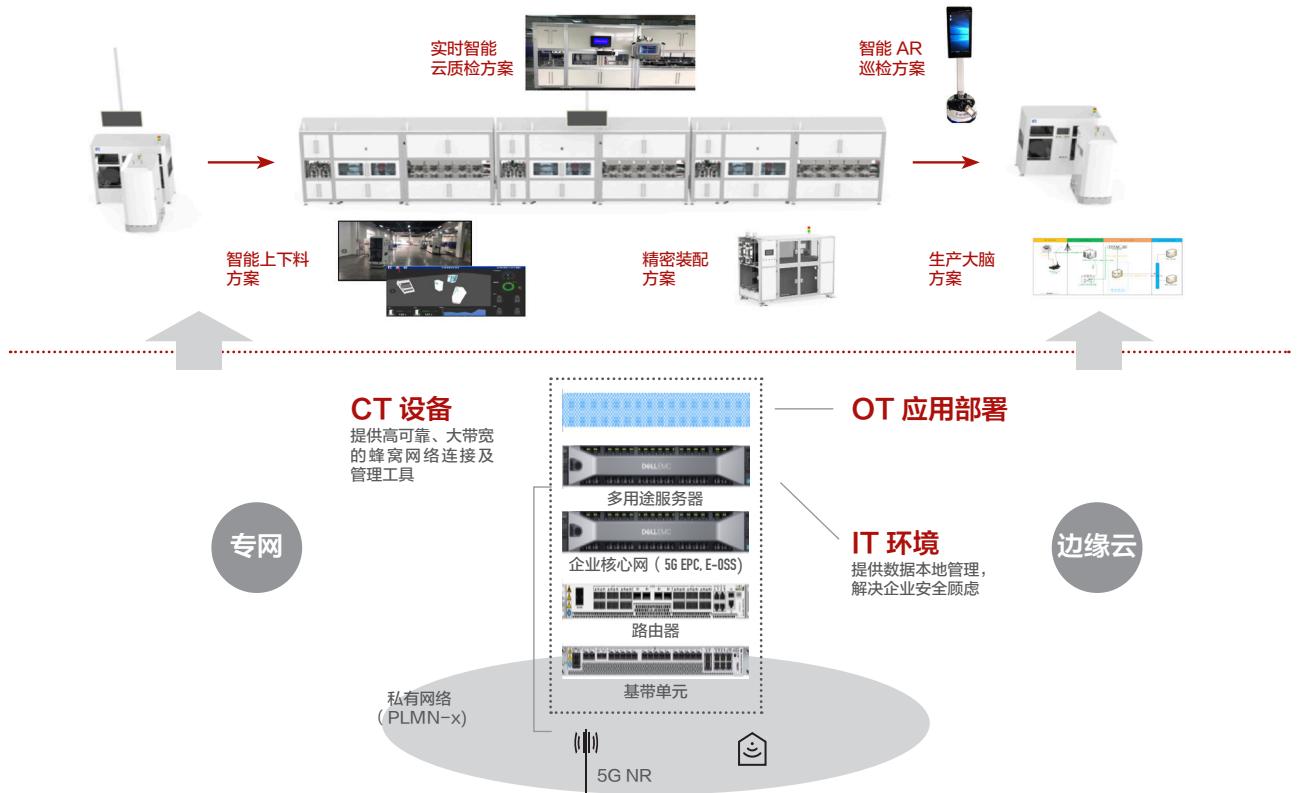


本项目的创新性体现在四个方面：

- 探索 IT/CT/OT 超融合的工业互联网解决方案。基于同一 IT 环境，承载 CT 网络与 OT 应用。
- 推进 5G 边缘计算的进一步落地，实现时延可控，数据本地卸载、本地管理。
- 软硬解耦，智能上移，形成统一的工业控制大脑，工业现场只保留机械动作部分，从而实现集中控制和灵活统一的调度。
- 将多个应用打通和协同，实现产线整体升级。

本项目不仅在方案上实现了技术创新，在商业模式和合作模式上也进行了深入探索。罗博特科作为智能制造解决方案商，辐射电子、机械、汽车、新能源等多个下游行业，三方可携手实现 5G 的快速推广及共赢。江苏移动也将借此提升自身能力，探索向运维服务、数据增值等商业模式的转型升级。

本项目通过多家企业的合作试点，实现了生产效率提升 30%，人工成本降低 40%，同时有效帮助企业提升成品率和产品质量。



经验总结与后续计划

经过一年多的实践探索，我们非常有信心，5G 作为最优的无线技术，可凭借高带宽、高可靠、低时延、移动性助力工厂实现设备智能化、生产管理智能化、控制迭代智能化、以及 OT 和 IT 的深度融合。在迈向工业互联网的过程中，安全、可靠是最重要的考虑因素。我们以企业专网作为切入点，无线替有线，蜂窝替 WiFi，再结合 5G 边缘计算、网络切片等新技术，实现一网多用，打造网云一体化基础设施，充分发挥运营商在通信领域的专业性，为企业提供更专业的服务。

企业可以按需使用网络和运营商云资源，更弹性、更便捷、更灵活，实现管理、业务等方面的数字化转型，向柔性制造、自动化生产、无线数字化方向演进。

- 将有线 +WiFi 的工业物联网升级为基于 5G 专网的工业物联网，解决了工厂设备走线和摆位对 IT 部门的挑战，为柔性生产所需添加的更多物联网设备提供优异的网络基础。

- 将部分现场设备计算能力上移（如 AGV，图像质检，VSLAM 建模等现场设备的计算单元集中上移），基于 5G 边缘云实现综合调度和快速迭代。

- 将与 5G 结合紧密的工业 AR、车间巡检等场景成功落地。

在项目执行过程中，我们也有以下收获：

- 5G 进工厂需要对工业客户做培训，保守的客户需要

较长的培训周期，罗博特科对新技术嗅觉敏锐，可以快速形成合作。5G 行业客户拓展需要注意企业的技术创新基因。

- 江苏移动、爱立信与罗博特科探索 5G 云 AGV 方案创新，将最初本地激光惯导 AGV 升级为基于 5G 边缘云集中调度导航的 V-SLAM 云 AGV，5G 成为 AGV 内部控制总线，未来 AGV 的大量开发集中在云计算环节而不是 AGV 硬件本身，大大降低了 AGV 的开发、迭代难度，集控能力大幅增强。其 AGV 也得到其他工厂的采购与认可。

- 对现场基于有线组网的通信类型做了区隔，每个机台内部 PLC 与 I/O, 传感，促动器等之间的交互属于设备内部组网，协议多样，时延要求极低。机台与外部系统的通信整体时延可控，可通过 5G 大规模实现工业物联网。

- 5G 终端的生态成熟尚需时日，项目实施进度受终端影响较大，5G 行业应用拓展需保持耐心。

江苏移动、爱立信和罗博特科公司技术创新的同时，努力将项目的成功经验商业落地。伴随着 5G 技术和生态的不断成熟，未来，5G 还会有更多的变革和创新意义：

- 基于 5G 专网的 SA 组网，探索 5G SA 专网对实时自动化等场景的支持；
- 探索 5G SA 专网的切片能力，帮助工厂将现有的工控网、工控补充网络（WiFi 等）、视频监控网、访客 WiFi、办公网络等通过切片方式实现一网多用，安全区隔。

天津海尔洗衣机工厂 5G 智慧园区



海尔衣联网天津洗衣机工厂是我们在 5G 时代践行中国智能制造的一个实践，未来在家庭端，5G 实践应用的场景也将会有快速的爆发，为用户智慧家庭的场景体验作出巨大的贡献！

李洋

海尔智家平台副总裁，海尔洗衣机产品总经理

合作单位



案例综述

海尔洗衣机天津互联工厂是海尔集团全球第 15 个互联工厂，工厂建设秉承海尔集团海尔衣联网创新发展的理念，在工厂内将 5G 通信、人工智能、云计算等当前最新的信息通信技术与实际生产及管理相结合，实现工厂生产质量检测、生产安全监控、仓储物流、设备监控等十余项应用场景解决方案，致力于将其打造成为 5G+ 云平台的智慧工厂。



以上智能应用场景均接入构建在云上的 5G 智能工厂统一平台，实现统一接入、统一管理和统一展示。该项目由国内首家互联网型工业智能研究院 - 青岛海尔工业智能研究院发起，并由中国电信集团有限公司天津分公司协同支撑完成。针对海尔洗衣机天津互联工厂项目，双方达成共识并于 2019 年 9 月 26 日签署战略合作协议、落地智能制造 5G 创新实验基地。

解决方案

01 面向柔性制造的生产线 5G 网络覆盖

为了满足全球各地不同市场对产品的多样化、个性化需求，生产企业内部需要更新现有的生产模式，因此基于柔性技术的生产模式成为趋势。

在企业工厂内，5G 具有无可比拟的优势，在减少机器与机器之间的线缆成本的同时，利用高可靠性网络的连续覆盖，使得机器人在移动过程中活动区域不受限，在各种场景中进行不间断工作以及工作内容的平滑切换。工厂中，不同生产场景对网络的要求不同。5G 网络以其端到端的切片技术，可在同一个核心网中具有不同的 QoS，可按需灵活调整。5G 可构建连接工厂内外的以人和机器为中心的全方位信息生态系统，最终实现任何人和物在任何

时间、任何地点都能实现彼此信息共享。企业的生产场景，涉及到的跨工厂、跨地域设备维护，远程问题定位等场景，5G 技术在这其中的应用，可以提升运维效率，降低成本。

为满足企业在厂区特定区域网络需求，由中国电信对厂区进行了 5G 网络信号基础覆盖。整体 5G 网络信号覆盖方案按能够满足室外和室内两方面进行建设。室外建设主要为露天场所的 5G 覆盖，室内建设主要是对内桶生产区、试验室区域、包装线区域的信号覆盖。

室外区域共规划 4 个 5G 小区，每个小区的实际下行带宽约为 1Gbps，上行约为 100Mbps，能够满足厂区内无人机及 AGV 运输的需求。

室内试验室区域的覆盖方案

采用布放分布式 PRRU 的方式进行覆盖，由于墙体为外包金属板结构，考虑覆盖效果，大房间的需求采用 PRRU 进屋的方式进行覆盖，满足试验室数据高速传输需求；

室内包装线区域的覆盖方案

整体为空旷环境，参考的 AP 安装方式，本区域采用分布式 PRRU 进行布放，满足无人成品库夹包车通过视觉分析实现将洗衣机成品自动夹起并码放到指定区域的核心需求；

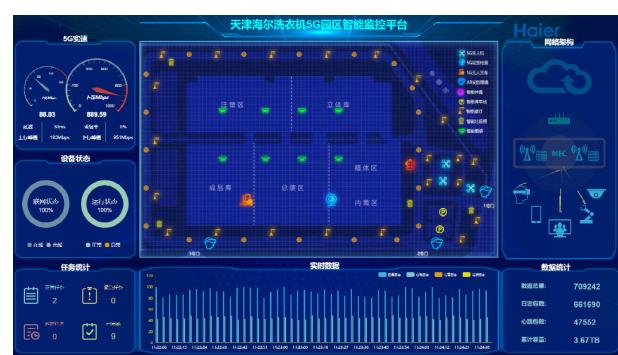
室内内桶生产区的覆盖方案

通过 AAU 设备在厂房两侧对生产线进行覆盖，采用 4 台 AAU 设备在生产线两侧对厂区进行覆盖，满足维修通过 AR 眼镜与国外专家远程随时交流、冲压钢板快速视觉检测问题回溯等需求。

02 智能监控平台建设

业务数据汇总的大数据平台部署在中国电信天翼云上，共有 14 台服务器。

平台集中展示了海尔洗衣机互联工厂内各项 5G 应用典型场景。平台可针对海量异构的物联网设备、视频设备，实现实时跟踪检测、图像对比分析、大数据统计分析、告警、预警等，旨在实现全方位、智慧化的监控、监管。平台使用成熟的开源 SSH 技术搭建，采用前后分离的架构，后端 JAVA 结合 Spring+SpringMVC+Hibernate 开源技术实现，保证系统可靠性。



03 无人驾驶叉车改造

家电制造行业的成品都没有搬运的底部托盘，所以成品的搬运都采取双侧夹抱的方式，而目前叉车生产企业实现无人驾驶的多数为底部叉取的车辆，此次海尔洗衣机天津互联工厂，实现了现有夹包车的无人驾驶改造，同时将传统叉车无人驾驶与夹抱相结合，解决了洗衣机工厂成品的仓储搬运安全管理并提升效率，对解决现有工厂实现仓储物流的自动化和智能化对已有叉车的改造提供了示范案例。

04 5G+AR 应用

海尔洗衣机天津互联工厂还广泛运用了 5G+AR 技术，集中实现了安保检测、远程指导、作业指导等多个场景的应用，为 5G 环境下 AR 广泛应用提供了试点条件，并推动了工厂智能化改造和创新的标准论证。

经验总结与后续计划

① 进一步融入边缘计算，搭建云、边、端协同架构

在未来，平台将融合边缘计算架构，实现对边缘节点的部署、监控和管理，解决传统云计算存在的实时性不够、宽带不足、能耗较大等问题。

② 进一步封装模块化的设备联动机制，实现自定义协同组合

不同场景对设备协同工作的需求往往不同，而且，设备的多样性、数据的复杂性和下行协议的异构性意味着无法固定化触发条件和响应动作之间的复杂逻辑。

因此，平台将致力于针对不同场景、不同设备，实现设备数据结构的模块化封装，以满足用户对自定义设备协同机制的需求。

③ 拖拽式自定义监控中心，满足定制化需求

平台具备融合多智慧系统的能力，然而在不同场景下，用户对数据的关注维度、关注内容、进一步展现形式和风格喜好都不尽相同。平台具备完备的 API 文档，可以满足

场景界面的二次开发，但仍需要前端的开发工作，目前无法实现工具式的定制过程。

因此，平台将在未来开发拖拽式自定义监控中心的功能，提供数据展示模块仓库，并开放配置接口，以实现多智慧系统的多形式的快速自由组合。

④ 场景迭代，技术创新

我们将继续深入开发其他质量检测、安全生产应用场景，通过统一平台实现应用场景间的联动，将解决方案标准化，为同类企业智能化升级提供便利条件。目前项目进展比较顺利，在机器深度学习算法和自动驾驶的算法上还在不断优化，力求达到工业级标准，将响应时间控制在秒级内。

场景是 5G 落地工业领域的关键，不能盲目的为了新技术去创新，将 5G 技术分阶段规划并落地是我们目前识别到的比较高效的路径。从点突破，再到面的复制，进而推广到行业中，是我们肩负的使命。

中国商飞 5G+8K 飞机表面质量监测



中国商飞要探索基于 5G 的大飞机智能制造系统，建设基于 5G 的大飞机示范工厂，到 2021 年，建设重构工艺、生产、质量、物流模式的示范工厂。

汪顺利

上海飞机制造有限公司航研所党总支副书记、智能工厂部部长

合作单位



行业挑战

民航客机在制造、试飞和正常航线运行维护的过程中，都需要进行表面质量的检测。典型检测场景如：装配过程中的表面特征位置检测、表面缺陷检测、关键零件安装状态检测、喷漆过程中的喷漆表面砂眼、橘皮、流淌、漏刷等缺陷检测、运营过程中的例行维护表面检测等。

人工模式

效率低下，专家依赖

当前这些检测多通过人工目视进行，效率低下且检测结果不够客观准确。然而，受限于飞机的尺寸大、检测工作量大、外形复杂、精度要求高、检测环境复杂的特点，机器视觉检测在飞机表面检测运用中遇到各种技术难题，如有线连接不便、图像传输困难、检测效率低下、精度不够等问题，因此并未在飞机表面检测过程得到广泛应用。

布线模式

实施复杂，反馈缓慢

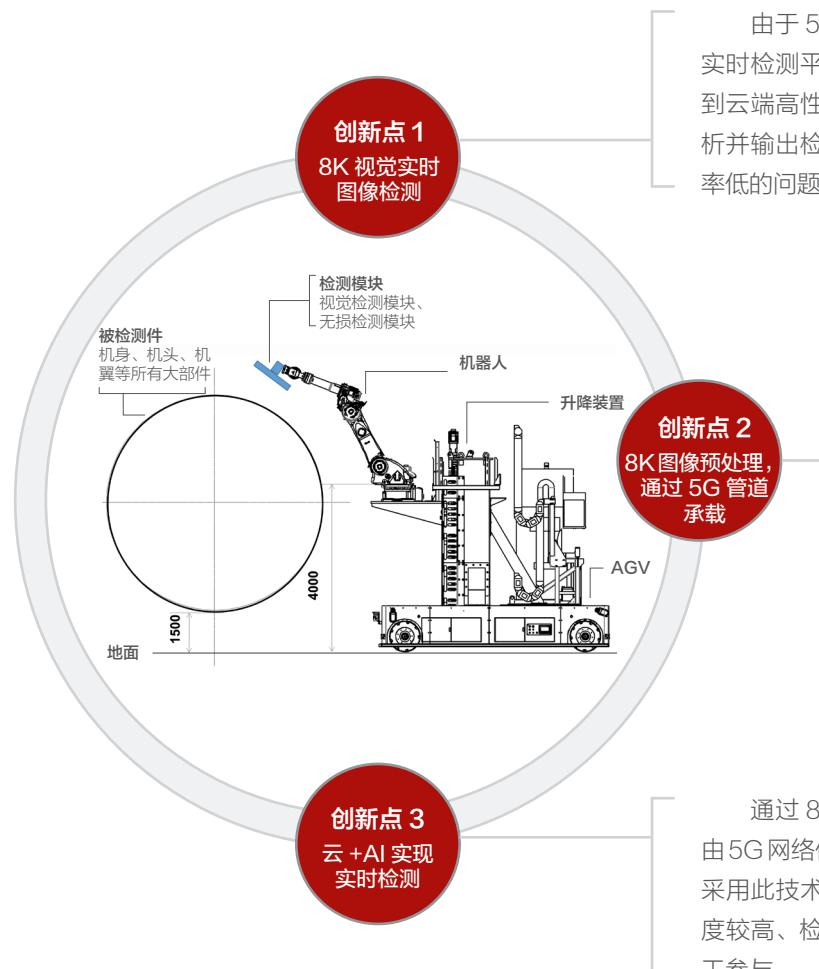
8K 超高分辨率工业相机的出现和应用，解决了检测面积和精度的问题，但是由于数据量太大，检测过程数据需要几十米的线缆进行传输或者离线存储，不便于数据上云进行高性能计算，结果反馈不及时，效率低。

解决方案

针对飞机表面检测过程中的痛点难点，中国商飞将 8K 超高分辨率，高精度视觉检测与 5G 高速率的特点相结合，推出基于 5G 网络的 8K 超高分辨率飞机表面质量检测系统，打造一套适用于飞机表面检测的可移动、柔性、高精度、高效率的视觉检测系统。

在实践中，聚焦在以下几个方面进行创新：

- 8K 超高分辨率图像编解码技术，超高清图像实时编码算法的深度并行优化技术、超高清图像实时编码算法的质量优化技术、超高清图像实时编码算法的并行码率控制技术
- 5G 网络下 8K 图像的传输技术
- 基于人工智能的缺陷检测技术



由于 5G 网络解决了传统现场布线连接复杂的问题，移动的实时检测平台成为可能。高分辨率的图像经过 5G 网络实时传输到云端高性能图形计算服务器，以秒级的速度进行图像运算和分析并输出检测结果，大大改变了之前离线图像采集与本地运算效率低的问题。

8K 超高清图像具有画面高度清晰，色域范围更广、亮度动态范围更大等特点。根据国际电盟在 2012 年通过的相关标准规定，8K 超图像视频的分辨率为 7680×4320 ，是 4K 图像的 4 倍，传统全高清图像的 16 倍。在带来超高清度与超大色域的同时，8K 图像对承载设备的性能提出了更高的要求。在未经压缩的情况下，8K 图像（按检测过程需求 5fps）每秒的容量即可达到 500Gb，为保证图像质量，即便经过压缩，8K 图像数据的传输速率至少为 100Mbps，必须依托 5G 技术的超高带宽和高效的图像编码压缩技术来实现。

通过 8K 超高清图像采集设备采集大范围高精度的图像，经由 5G 网络传输至检测平台进行智能分析，自动识别飞机表面缺陷。采用此技术具有成本低、部署简单快捷、检测速度较快、检测精度较高、检测范围较广和检测结果准确等优点，且不需要大量人工参与。

客户价值

基于 5G 网络的 8K 超高分辨率飞机表面质量检测系统具有广阔的应用前景，可以应用于飞机生产和运营所有过程的表面检测，对整个航空产业有着重要的意义：



工作效率提高



经济成本减少



检测质量提升

对于制造过程检测，由于不需要移动和攀爬工装设备，检测准备时间少，检测过程高度自动化，使用后可以将飞机部件的表面检测效率提高 3 倍以上。对于航线运营意义同样重大，成倍缩短航线运行维护的时间，提高了飞机的出勤率和机场空间的利用率，为航空公司、机场及整个航空产业带来整体的效率提升。

由于该设备可以由一人操作完成，每条生产线至少减少 2 名质检人员，节省人力成本；另外减少验收检测时间可以大大提升生产效率，提高飞机的经济性。

所有检测结果客观、可量化、可追溯，检测覆盖率达到 90% 以上。对于制造过程来说，可以减少交付时的不符项，提升产品的安全性和用户的满意度；对于航线运营来说，可以提升定检的质量水平。

新凤鸣基于 MEC 的智能车间



5G 元年，我们有幸成为中国移动 5G 应用的先行者，验证了 5G 在广数采、泛连接、高计算上的先进性。我们期待 5G 技术持续优化，进一步驱动企业“业务 + 管理 + 技术”深度融合，示范和引领化纤行业数字化转型和高质量发展。

王会成
新凤鸣集团 CIO

合作单位



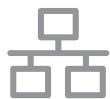
案例综述

新凤鸣集团是一家集聚酯，纺丝，加弹，进出口贸易为一体的大型股份制企业，聚酯长丝稳居行业全球第二。

2019 年，中兴通讯联合嘉兴移动充分利用 5G 技术的大带宽、低延时和大链接特性，为新凤鸣集团长丝生产车间提供了全方位的数字化解决方案，主要包括无人 IGV 小车方案、车间 8K 高清 5G 智能监控方案、机器视觉 +5G+AI 飘丝 / 飘杂检测方案、以及 5G 无线数据信息采集方案。通过 5G 的赋能，增强了新凤鸣集团的生产管理能力，提升了企业生产效率，同时提高了产品质量。

行业挑战

全球化纤行业已进入关键的数字化转型时期，当前化纤行业在通信方面面临的挑战包括：



传统网络传输无法满足车间设备所需的端到端低时延、高稳定性及可靠性的要求



面临网络结构复杂，布线、运行和维护成本高、安全管理能力不足



生产车间业务繁多，特别是一些视频类业务（如高清视频监控，机器视觉等）对带宽要求高，而传统网络无法满足要求

智能车间的数字化转型迫切需要一张适合行业特点的高带宽、低时延、可靠性高、部署简单的网络，实现车间设备的联网，以及生产运营的智能。

解决方案

基于 5G 技术为化纤生产车间设备的通讯问题提供全新方案，不仅对车间网络的带宽、时延、安全性保障方面带来飞跃式的提升，还促进车间设备与 5G 终端、网络的进一步结合，从而对车间应用系统产生革命性影响。车间信息化供应商将根据 5G 特性应用升级，并转型生产 5G 嵌入式产品，从源头推动 5G 产业链的发展。

01**5G 高清移动视频监控**

车间的安全生产依赖于多种摄像头设备，通过在移动的 IGV 上加装摄像头，可以实时监控生产现场，保障安全生产。摄像头的视频数据通过 5G MEC 本地分流上传到新凤鸣的视频中心，避免了数据流出，保障了企业数据安全。其他需要使用视频的应用可以从视频中心获取数据，取代传统 4G 专网传输方式，传输性能更加优异。5G 高清移动视频监控，随时随地低成本部署，且可实现移动监控。MEC 实现本地分流，可以保障企业数据安全，同时也提高车间安全生产水平。

02**飘丝 / 飘杂检测**

飘丝 / 飘杂问题是化纤行业老大难的难题，每年都给化纤行业造成了巨大的损失。新凤鸣的核心产品是长丝，长丝是由几百根微米级别的细丝以每分钟 4000 米的下丝速度盘卷而成。而下丝过程中，如果细丝飘离了轨道，就是飘丝，如果飘到了相近轨道就是飘杂。这个问题难点在于快和细，微米的细丝以千米每分钟的速度下行。通过采用巡检机器人和 8k 高清摄像头，通过 5G 网络，回传给 AI 算法识别的方案解决了此问题。本项目填补了该领域的空白，加速推动 5G+MEC 技术成果在化纤行业的转化应用。5G 提供上行超过 100M（满足 8K 高清）的带宽和超低时延，完全满足飘丝 / 飘杂检测需求，破解了化纤生产行业难题，提升了产品质量。

**经验总结与后续计划**

本项目在实施过程中，通过用 5G 网络取代现有 4G、WiFi 以及有线的通信方式，将传统业务迁移到 5G 网络上。本项目已经在一个车间完成了部署和试点，目前尚处于 5G 部署和应用的初级阶段，项目重点在于 5G 网络的建设以及 5G 业务的试点应用，有些问题还需要深入考虑：

- 行业用户对 5G 网络的认可还需要一个过程，从认识 5G 到接受 5G 需要不断的通过实践来证明，要让行业客户切实感受到 5G 带来的好处和便利。
- 5G 的发展需要全产业链的配合，当前 5G 模组尚未

03**无人 IGV 小车**

在生产车间有大量的丝饼需要通过 IGV 搬运，通过 5G 网络的部署，可以实现车间 IGV 小车运输无人作业，智能化调度控制。无人 IGV 小车在 5G 网络保障下，运行稳定，提升了运输效率，保障了企业生产。与传统的 WiFi 网络接入方式相比，5G 网络大大降低了小车的掉线率，并确保控制时延低于 10ms。

04**5G 无线数据信息采集**

在生产车间内有大量的传感器数据需要回传到数据中心，从而监控生产过程是否正常。借助 5G 网络的大带宽和低延时特性，并用其取代传统的有线网络传输方式，实时传输传感器数据到本地数据中心，减少了布线和维护成本，缩短了工程周期，提升了数据采集的效率。

5G 网络在新凤鸣部署使用后，整体网络特性（如上行带宽 100Mbps/s，网络时延低于 20ms，链接数量等）比原来有了极大的提升。5G 模组、终端将广泛应用于车间物联网，并结合 5G 网络技术构建适合智能车间的边缘计算 MEC 平台、软件架构和 AI、大数据软件等，通过提供端到端网络切片方案来协助运营商重塑商业模式。

规模商用制约了 5G 新业务的开展。

- 行业用户不仅仅需要 MEC、网络切片等技术方案，还需要低成本，高性价比的 5G 商用模式。

后续，本项目将在车间内采用 5G 技术逐步取代传统车间的通讯手段，满足智能车间内多种作业设备的信息互通、多路视频信息同步等要求，实现车间内的高度自动化和智能化，从而为打造“黑灯工厂”做准备。5G 技术与生产车间应用需求的结合，将为化纤行业提供全新的通信解决方案，也为未来智能车间打开了想象空间。

三一重工 5G 智能制造



| 三一重工 5G+ 智能制造

5G 元年，三一集团联合合作伙伴共同打造 5G 智能制造创新业务应用，充分体会到 5G 将对工业生产带来革命性影响。未来，我们期待与 5G 技术深度融合，用数字化思维打造新的模式和生态，带动全行业高质量发展，推动中国制造业数字化转型升级。

代晴华
三一集团董事，三一重工高级副总裁

合作单位



案例综述

三一重工是 1994 年由三一集团创建的，中国最大、全球第五的工程机械制造商，同时也是世界最大的混凝土机械制造商。

2019 年 5 月起，中兴通讯联合运营商在三一集团北京、长沙、常熟、昆山等园区建设商用化 5G 网络与 MEC 边缘云系统，为三一集团智能化升级提供最先进的 5G 应用环境，并与视频监控、远程挖掘等业务进行对接，实现 5G 在多方面的应用示范。三一集团 5G+ 智能制造应用示范充分发挥了 5G 大带宽、低时延等特性，为 5G 在制造领域的应用发挥了重要示范引领作用，大幅提升了生产效率。未来将进一步探讨、挖掘 5G+ 智能制造新的商业模式，促进制造产业转型升级。

行业挑战

智能化是制造自动化的发展方向，当前在通信方面面临的难题有：

- ① 在移动数据采集场景下，无法部署线缆或部署不方便，特别是老车间改造及手持、移动或旋转设备等终端成本高、难度大。
- ② 在工业穿戴场景下，现场作业工人穿戴设备对移动性及带宽要求高， AR/VR 类应用推广受到通信手段和性能的限制。

③ 在工业控制（现场 / 远程）场景下，生产线调整部署周期长，如户外挖掘机、室内 AGV 等移动设备无法使用线缆进行控制。

三一重工作为全球装备制造业领先企业，网络安全、业务集中、物理环境复杂等特性非常突出，所以原来有线和无线专网较难满足网络通信需求。迫切需求高带宽、低时延、可靠性高、部署简单的网络，为多种智能制造提供联网化、智能化运营支持。

解决方案

2019 年 5 月起，中兴通讯联合运营商针对三一集团高清安防监控、园区全景 VR 直播、工业表计数据采集、基于视觉的云化 AGV、远程挖掘机操控、智慧矿区等业务需求，进行 5G 网络建设，开展 5G AR、实时工业控制、云化 AGV、远程操控及无人驾驶等应用创新试点，加速 5G 与智能制造业新应用的研发和商业化进程。

01 5G 高清安防监控

2019 年 5 月

在三一集团总部十八号工厂，利用 5G 网络替换传统有线接入方式，将两路高清监控视频流通过 5G 网络回传，并通过 MEC 将视频流分发到园区监控中心，在用户无感的情况下顺利对接视频控制平台。

02 5G 园区全景 VR 直播

2019 年 5 月

通过在三一集团长沙总部园区办公楼顶楼架设 VR 全景摄像头，VR 视频流通过 5G 网络和 MEC 实时回传三一视频管理平台，并在北京三一监控大屏上进行全景监控图像展现和 VR 头显演示。

03 5G 工业表计数据采集

2019 年 5 月

采用 5G 网络取代传统有线网络，针对三一长沙园区十八号工厂的数控机床的电表数据进行实时采集，无需改造仪表及控制网络即可实时显示在控制中心的数字仪表盘上，同时在工业网关上完成到 IP 协议的转换。

04 5G 视觉导航 + 云化 AGV 调度

2019 年 11 月

通过在三一常熟索特园区部署基于 5G 的视觉导航 + 云化 AGV 调度，利用 5G 大带宽的传输特性进行实时数据传输，并由 5G MEC 统一进行视觉处理及调度，为园区智能化运输提供低成本、易部署的解决方案。



▲ 三一集团 5G 网络实测

5G 应用价值

5G 提供上行 60Mbps (满足 4K 高清) 的带宽，取代传统的有线网络，完全满足三一园区高清视频监控传输需求。

5G 应用价值

借助 5G 大带宽特性，满足园区 360 度全景超远程监控需求，并通过 VR (虚拟现实) 方式提升用户体验。

5G 应用价值

5G 网络可支持高并发、大数据量的通信，在信息采集、生产设备的运行状态监控以及仪表仪器的集中化管理方面提供高密度的接入服务。

5G 应用价值

相比磁条、磁带等传统导航方式，基于 5G 的视觉导航方式具备更高的灵活性，同时与 WiFi 相比 5G 的网络稳定性更高，能够支撑更大规模的 AGV 组网调度。此外，与激光导航相对比，基于 MEC 云化的集中视觉处理方式可节约单台 AGV 成本 10% 以上。

05 5G 智能矿卡

2019 年 12 月

5G 技术与智能矿卡相结合，全面提升了三一重工自动驾驶矿车的环境感知能力。通过不断强化 5G 边缘计算能力与核心云计算能力，将打造更加强大的自动驾驶分级决策“大脑”，进而满足自动驾驶对高性能计算的需求。



5G 应用价值

5G 矿区无人驾驶的落地应用可以大幅提高矿区的安全生产工作，彻底解决矿区司机招聘困难、管理困难的问题，还可以通过平台大数据的支撑，提升矿区的综合运营效益。

06 5G 远程挖掘机

2019 年 12 月

在三一重工昆山园区，成功完成 5G 远程挖掘机业务验证，通过远端控制台实时控制位于远处的无人驾驶挖掘机，并同步回传真实作业场景及全景视频实况。该项目的成功实践证明 5G 技术可为恶劣环境下的挖掘机作业提供安全保障。



5G 应用价值

提供低时延的端到端通讯保障，确保远程挖掘作业安全性和可靠性。



▲ 5G 远程挖掘机调试现场

综上，通过多个 5G MEC 业务合作探索，证明 5G 网络在工业智能化方面将发挥巨大作用。后续将持续开展 5G+ 工业互联网的业务创新拓展，让 5G 网络真正发挥出服务工业的作用，成为工业互联网和智能制造发展的有利支撑。

经验总结与后续计划

通过与三一重工联合开展的 5G 创新应用试点示范，加深了传统通信厂商对智能制造企业的核心诉求理解：

- ① 需要通过 5G 网络助力 5G 工业互联新生态在网络化、智能化、在线化方面的构筑；
- ② 需要构建一张 5G 工业互联专网、一批 5G 应用场景、一系列行业规范标准；
- ③ 需要打造新型 5G+AI 工业云平台，以实现制造企

业全球化协同设计，并可根据个性化需求提供定制服务。

2020 年计划部署的 5G 应用场景包括：基于 5G 的 AR 远程工业巡检、基于 5G 的产品质量检测等生产场景、基于 5G 的物料盘点、基于 5G 的无人驾驶、基于 5G 的机器人操控等。5G 技术与智能制造应用的结合，将为制造业提供全新的通信解决方案，为全球各行业数字化转型树立了标杆。

| 三一重工 5G+MEC 云化 AGV 项目

AGV 是实现工厂柔性化物流运输的重要工具，是快速实现工厂数字化、智能化的重要突破口。三一重工的 5G 智能网联 AGV 标准化程度高、成本低，无需对现有作业环境进行改造，可柔性化部署，从而实现批量生产投放，助力传统工厂快速实现数字化改造。

代晴华
三一集团董事、高级副总裁

合作单位



案例综述

2019 年，三一重工、中国电信、华为联合开展基于 5G 的智能网联云化 AGV 项目，将 5G 、MEC 和 AI 技术同 AGV 相结合，通过将 AGV 激光雷达导航向基于 5G 上行大带宽的视觉导航迁移、将深度学习算法向 5G 边缘计算 MEC 平台迁移，从而极大降低了 AGV 单机功能复杂度和成本，提高 AGV 车智能化和标准化水平，给三一重工节省人力成本的同时，提升了生产效率，助力企业实现数字化、智能化转型。

目前云化 AGV 已经完成测试验证和业务上线，并正在面向行业推出下一代商用级 AGV 产品。

行业挑战

三一重工生产园区均为大型生产园区，单生产车间面积为 4 万 5 千平米，主要生产重型装备。为成为全球智能制造的领先者，企业在打造智慧工厂、实现数字化转型过程中面临网络改造和降本增效两大挑战。

挑战 1：网络需求复杂

- 现有网络采用传统的固网建设、维护和改造成本高，线路改造复杂；
- 现有车间各部门部署自有 WiFi，相互之间存在干扰，故障定位困难，并且不具备移动性切换连续性；
- 厂区有大量物联网设备，有多种类型的数据上传诉求，当前网络上行带宽能力有限；
- 数据安全有强隔离要求，核心数据不出园区，安全要求较高。

挑战 2：降本增效需求突出

物料周转作为生产车间的关键流程，当前多采用传统

叉车人工操作，存在以下劣势：

- 人力成本高、生产效率低、存在安全隐患；整个生产流程无法做到物料的追踪和溯源。
- 传统 AGV 车多采用磁条、导轨、激光反射板等形式进行导引，路径固定，无法满足产线柔性生产以及灵活多变的调度需求。
- 传统 AGV 向实时感应、安全识别、多重避障、智能决策、自动执行等多功能的新型智能工业机器人发展，采用传统本地计算与单机智能感知模式的 AGV 成本高、调度管理复杂。
- 行业内对 AGV 小车“赋智”的主流方案是对小车本身进行改造，为小车增加激光 / 视觉 SLAM 导航、感知等能力，但 AGV 车空间、电池容量有限，引入激光雷达 SLAM 需要增加 10~30 万 / 台成本；视觉 SLAM 单体集成 GPU，也会导致 AGV 成本高，运行不稳定等问题。

解决方案

为解决上述挑战，华为联合中国电信、三一重工积极开展 5G 、 MEC 及 AI 同 AGV 相结合的研究及技术验证，于 2019 年 5 月在三一重工北京南口厂区完成了 4 个 5G 宏站和 30 多个 5G 数字化室分的部署，2019 年 9 月在南口厂区实现智能网联云化 AGV 的真实设备落地。同时，在南口厂区和回龙观厂区之间建立 5G 网络专线，实现回龙观厂区实时观察南口厂区 AGV 小车的生产运行情况。

目前，已经实现三一重工两个园区 5G 全覆盖，一个边缘计算平台建设，一个场景的核心算法上线。其中，对带宽要求为稳定上行 40Mbps，实测值为 131Mbps；对时延要求为 40~50ms，实测值为 ~19ms，可以满足本地 1m/s 速度行驶下兼具 12cm 精度的避障。

此项目 AGV 导航转型分 2 个阶段：1) 先通过将 AGV 端侧的多线激光雷达替换为高清相机、单线雷达等多种传感器，2) 将雷达去掉，完全依靠视觉 SLAM 导航；

2019 年采用了双目摄像机，80% 依靠视觉 SLAM 导航；2020 年计划采用六目摄像机，100% 依靠视觉 SLAM 导航；

摄像机采集的数据通过 5G 大上行网络回传到核心网下沉园区的 MEC 边缘侧服务器上。在 MEC 侧部署三一重工自主研发的视觉感知、深度学习等算法进行实时计算，实现了对工厂作业场景的智能和大数据分析，真正实现了工厂物流作业的自动化，节约了企业的人力成本。

三一创新：融合激光雷达 + 视觉导航，兼顾成本与可靠性

	激光雷达	激光雷达
设备成本	高，几万 - 十几万	低，几百 - 几千
安全稳定	中	高
算力要求	低	高
感知分析	2D	3D
定位精度	技术应用门槛低，毫米级	技术应用门槛高，毫米级
激光雷达为主 视觉导航为辅		视觉导航为主 激光雷达为辅
		视觉导航为主 V2X + 激光雷达等多源融合

经验总结与后续计划

目前云化 AGV 产品正在和华为的 5G 模组进行结合，计划于 2020 年 Q1 生产出商用产品。同时，该项目是全国第一个将 MEC 应用在工业场景的项目，在 UPF 上增加了 MEP，实现了一个边缘计算平台和一套视觉导航核心算法的上线。

通过该项目，进一步明确了工业场景中的痛点需求，以及 5G 的功能应用场景，包括：

- 工业场景需要上行具有较大的带宽、以及联合开发的“超级上行”能力
- 需要具备确定性低时延，可利用 MEC 和切片的特性。

2020 年，三一重工、中国电信、华为将继续进行基于 5G 的联合创新，包括 AIoT 平台、智能视频监控、低

5G 应用价值

① 连续移动性

5G 替代有线，解决固网布线难、改造维护成本高等问题，为工业园区提供无处不在的无线覆盖，以满足移动连续性的需求。

② 上行大带宽

AGV 集成多台高清摄像头，要求上行达到 20-50Mbps 带宽。5G 提供超高可靠通信和超级上行带宽，并通过 SLA 保障满足多种数据上行带宽诉求，以及支持高并发的海量终端通信，实现 5G 终端全接入。

③ 低时延

5G 通过 MEC 平台实现低时延的端到端通讯保障，实测时延数据 ~19ms，远远满足 AGV 实时图像处理要求的 60ms 时延。

④ 数据安全

5G 通过核心网 MEC 下沉建立虚拟专网，企业数据不出园区，满足企业对数据安全的要求。

⑤ 边缘计算

MEC 平台集成 GPU 实现算力共享，降低 AGV 单机的复杂度和成本。MEC 平台集成的 AGV 视觉感知算法可深度学习不断迭代，可满足厂区 200+ 台 AGV 协同调度，且无需对工厂现有环境进行改造，可实现柔性化生产。

⑥ 降本增效

初步估算基于 5G 视觉 SLAM 的 AGV 成本仅为激光 SLAM 的 1/9，大大降低了成本，具备规模推广价值。

速无人驾驶平台等，具体内容包括：

- 基于 6 目相机，以及 5G 网络保证稳定的上行速率 40Mbps，实现 100% 纯视觉导航；
- 基于 AGV 视觉导航能力延伸集成到平板车、叉车，落地低速无人驾驶服务平台，与 V2X 结合管理自主移动机器人设备；
- 基于 5G 进行厂区视频监控和智能分析，主要用于机器视觉质检、物料识别、工厂 6s 管理，从而构建可视化车间；
- 5G 网联 AGV、5G 智能视频监控落地三一重工灯塔工厂；
- 探索商业模式，实现 5G 面向智能制造的商业闭环，并可全球规模复制。

湖南华菱湘钢 5G 智慧工厂



拥抱 5G 时代，打造智慧湘钢，让设备“开口说话”、让机器自主运行、让职工有尊严地工作。在钢厂里面，有很多高温、高压或者有毒气体的地方是人不能去的，或者说硬件连接不能执行的，但现在我们已经能够成功的做到整个系统的连接与应用。未来支持超大连接的 5G 技术后，将贯穿湘钢从客户下单到接单、从接单到生产、从生产到发货的全流程。

喻维纲

华菱湘钢常务副总裁

合作单位



案例综述

华菱湘钢是湖南省单体规模最大、综合实力最强的国有企业，是湖南钢铁工业的“排头兵”。

2019 年 7 月联合湖南移动和华为公司，启动湖南湘潭智慧钢厂 5G 项目，试点阶段在子厂之一的五米宽厚板厂进行，实现了包括天车远程集中操控、无人天车、远程机械臂控制和高危区域高清视频监控等四大典型应用场景。2020 年将逐步向棒材、码头、宽厚板、线材等不同厂区扩展，最终实现全厂区设备全互联，并通过端、管、云的网络架构实现设备可管可控，在生产环节应用实现远程、半自动、无人化的逐步演进。该项目最终目标是实现无人化工厂，职工能够在舒适的环境中工作，远离危险恶劣区域，打造绿色智慧工厂。

行业挑战

“增产降耗”将是企业智慧化升级的第一需求，工厂劳力成本是消耗大项，另外高危作业环境、人工三班倒以及在噪音、粉尘、高温的现场进行操作，使职工工作环境和工作时间受到极大的挑战，工作状态无法保障，工作效率不高，因此急需实现自动化无人作业。但传统光纤连接方式部署难、成本高， WiFi 方式抗干扰差、稳定性差、容量不足，均无法满足改造要求。

解决方案

2019 年，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，优先开展了四种应用场景的验证：

- 4 台炼钢废钢跨天车的远程集中操控：利用 8 路高清视频回传，远程操控实时精准。
- 1 台渣跨无人天车：配置 11 个摄像头，2 个扫描仪，1 个测距仪和 1 个编码器。
- 1 台炼钢区远程控制机械臂
- 高危区域高清视频监控

目前，全厂总共约 400 台天车，操作员 1500 人，120 台四班三运转，需要 480 人。

根据已经完成的应用场景的验证数据，预计全厂完成改造后，总效率将提升 20%。

- 从人工操控到自主运行，人员得到彻底解放。通过改造 20 台无人天车，运用天车自主运行，机器可以 7*24 小时工作，生产效率将提升 25%；

- 从人工操控到远程半自动操控，实现 1 人控制 3 台天车，100 台远程半自动，工人的工作环境将极大改善；

- 传统方式需要两人在高温危险区域作业，在 12 台机械臂实现远程控制运行后，矿渣预计节省 5%，同时可



以避免人员高温粉尘区域作业，且加渣更均匀，有效提升产品质量；

- 高清监控可以使职工远离高温危险区域作业和巡检，只需通过高清视频监控，实时预警，提前干预，从而避免安全事故；
- 有线连接到无线随时接入，部署效率将提升 50% 以上。在商业模式探索方面，由于湘钢是全钢结构独特性厂房，对覆盖提出了定制化专网要求。中国移动采用专网网络覆盖 + 服务年费的商业方式与湘钢签订商用合同，同时，为湘钢信息化智慧工厂改造端、管、云和网络顶层设计及部署规划，并提供公 / 私有云的整体商业服务。

经验总结与后续计划

华菱湘钢智能化改造，规划到位和高层领导重视是确保项目落地的关键，双方深入合作，共同梳理了以下业务应用场景：

- 远程操控向半自动、全自主无人化改造；
- 机械臂自主分拣；
- 堆料 5G+AI 体积和重量自动分析（万吨堆料精准度达十吨级、每天三次）；
- 高清监控向智能监控眼镜，实现人脸识别，轨迹跟踪，部分厂区实现电子围栏；
- 厂区改造 + 码头向无人化演进；
- 厂区实现移动化管理；
- 厂区煤气管道全连接实时监控；
- 厂区 5G 全程全网覆盖，私有云部署，实现厂区信息互通，设备可管、可控、可预警、可定位、提前干预，

提升安全和生产效率。

在网络建设方面，采用宏站、微杆站协同实现全厂网络定制化覆盖，MEC 落地园区降低时延，保障生产数据不出园区，同时可提升算力，实现专网专用，打造高稳定性、高可靠性、高安全性专网。

建设园区私有云，逐步将工厂内相关应用迁移到私有云上，集中控制、运营和运维，打造智慧工厂大脑，从永远在线迈向永远在场，生产环节不再受时空限制。

另外，工业互联网对环境、端到端的设备电气、设备要求、网络能力及指标要求，端到端故障定位要求高，需要生态及产业共同推动完善标准和管理流程。

2020 年上半年，湘钢将扩大建设规模，覆盖棒材厂区和码头，并完成 MEC 机房建设。2020 年底，完成湘钢全厂区域和厂区道路的 5G 全覆盖。

天津港 5G&MEC 智慧港口应用



在 5G 元年，中国联通联合生态合作伙伴打造 5G 精品网络，实践行业应用示范，在天津港取得里程碑式的成果，充分验证 5G 技术在助力港口及生产制造领域智能化、自动化转型方面可发挥重要作用。未来我们将与各界合作伙伴共同推进 5G 技术与各类新技术和生活、生产各领域的融合，共同开创智能信息文明的美好未来。

傅强

中国联合网络通信有限公司 CTO

合作单位

天津港(集团)有限公司
TIANJIN PORT(GROUP)CO.,LTD.

China
unicom 中国联通

ZTE 中兴

TRUNK 主线科技

案例综述

天津港是中国历史最悠久的港口之一，2001 年成为中国北方第一个亿吨大港，2018 年，天津港的港口货物吞吐量世界排名第九。

2018 年 8 月起，中兴通讯联合天津联通、主线科技在天津港集装箱码头建设商用化 5G 网络与 MEC 边缘云系统，共部署 5G 宏基站 9 个（3.5GHz），以及 1 套 MEC 边缘计算服务平台，为港口提供满足智能化需求的 5G 准专网环境。至 2019 年 11 月，已实现 5G 在港口自动驾驶、岸桥远控、海关分流、移动监管等方面的应用示范，并逐步将港口传统专网业务切换为 5G 网络，同步开展港口应用场景下的 5G 网络稳定性、可靠性、安全性验证和优化，进行港口 5G 商用模式探索。



▲ 天津港 5G 基站实施现场



▲ 5G 网络整体规划

行业挑战

全球港口已进入关键的数字化转型时期，网络通讯能力成为智慧港口建设的重要基础。当前港口行业在通信方面面临的挑战有：

- 传统网络传输无法满足港口设备毫秒级的端到端时延、高稳定性及可靠性等严苛要求。
- 面临设备结构复杂，制造、运行和维护成本高、安全管理能力不足等问题。

• 港口业务系统繁多，对网络通信能力要求各异，存在 WiFi、NB-IoT/LoRa、LTE 专网、2/3/4G 公网等多种网络制式，数据通道复杂，运营成本高昂。

智慧港口建设迫切需求高带宽、低时延、可靠性高、部署简单的网络，为码头装备提供联网化、智能化运营支持。具备低时延、高可靠、高带宽、大容量特性的 5G 技术，恰恰可以为港口解决自动化设备的通讯问题提供全新解决方案。

解决方案

5G 网络在天津港的成功部署，为港口业务的带宽、时延、安全性保障等方面带来飞跃式的提升，并促进港口智能化设备与 5G 技术进一步结合，从而对港口应用系统产生革命性影响。港口信息化供应商将根据 5G 特性升级港口应用，转型生产 5G 嵌入式产品，从源头推动 5G 产业链的发展。同时，5G 产品接入港口生产系统后，运营商由原先的单一网络保障服务模式转变为按照不同业务需求等级进行针对性通信服务模式，全面提升运营服务水平。

01 5G 智能岸桥远程操作

2019 年 7 月

通过将港口 5G 网络（上行带宽 100M、时延低于 20ms）与天津港岸桥设备进行业务对接，取代了传统光纤传输方式（时延约 60ms），成功实践岸桥远程操控应用。



▲ 5G 岸桥远程控制

5G 应用价值



验证了岸桥等大型装备
通过 5G 网络实现无线远程控制
的可行性



极大提升操作人员体验



加速推动 5G+MEC 技术成
果在港口的应用转化

02 5G 无人驾驶集卡远程监控及遥控

2018 年 12 月

通过 5G 网络取代传统港口 4G 专网，将车载高清视频通过 5G 网络和 MEC 分流回传本地控制中心实现远程监控。同时，在智能集卡异常状态时，管理人员可以直接借助 5G 网络低时延的特性远程接管车辆控制。



▲ 天津港 2019 无人驾驶集卡远程视频回传业务

5G 应用价值

无人集卡在 5G 网络保障下，累计行驶超过 2 万公里，完成 3000 个作业循环，累计运输 4500 箱，是全球首个投入实际作业的港口一体化平面运输系统。



20000 公里
累计行驶



3000 个
作业循环



4500 箱
累计运输

03 海关港区现场移动执法 5G 分流

2018 年 11 月

海关在港口检验检疫业务的开展需要无线网络的支持，通过 5G MEC 将海关 PAD 型查验设备获取的业务数据（视频监控、查验业务数据等）分流到海关专网。

5G 应用价值



取代传统
4G 公网传输方式



保障
海关数据安全



降低
数据传输时延

04 5G 高清视频监控

2019 年 4 月

港口的安全监控业务依赖于多种监控设备，在出入口、货运场、集装箱区域、交易中心等都需要部署视频监控系统。通过 5G 网络上传各类视频数据流，并通过 MEC 分流到港口的视频云中心，取代传统 4G 专网传输方式，传输带宽可达 80Mbps 以上。

5G 应用价值

5G 使能港区移动监控业务，升级标清监控为高清监控，降低部署成本，与 MEC 智能化平台联动实现视频实时分析，全面提升港区安全作业水平。

天津港部署的 5G 网络，为港区业务提供超过 4G 峰速 10 倍的带宽、毫秒级的时延和千亿连接的优异性能；可支持广泛用于港口物联网的模组、终端，构建适合边缘计算的 MEC 平台、软件架构和 AI、大数据软件；可提供端到端网络切片方案协助运营商重塑商业模式。通过

5G&MEC 智慧港口项目在天津港的成功落地实践，为港口信息化、智能化进程起到助力作用。5G 技术与码头的结合，为未来港口打开了全新的想象空间，为 5G 在智慧港口全面应用探索出一条实践之路。



▲ 天津港 5G 高清视频监控

经验总结与后续计划

在本项目实施过程中，通过用 5G 网络取代现有港口 4G 专网等传统通信方式，将传统业务迁移到 5G 网络上，在 5G 终端和模组尚未大规模商用，标准尚未完全冻结的情况下，遇到例如多路业务终端共用单个 5G CPE，5G 公网环境无法为传统 4G 专网下的业务终端提供固定 ip 等问题，目前均已通过实践成功解决，极大增强 5G 网络承载行业应用的信心，取得 5G 网络与行业业务深度融合的宝贵经验：

- 行业用户需要的不仅仅是 5G 网络 99.999% 的可靠性，还需要在网络异常情况下的通信保障方案。
- 行业用户需要的不仅仅是低时延、高带宽的 5G 特性，还需要可以平滑迁移现有各类专网业务的解决方案。

- 行业用户需要的不仅仅是 MEC、网络切片等技术方案，还需要低成本，高性价比的 5G 商用模式。

后续，本项目将在港口采用 5G 技术逐步取代传统港口的通讯手段，满足自动化码头多种作业设备的控制信息、多路视频信息等同步、可靠传输需求，实现港口车路协同、无人机 / 船安防巡检、智能岸桥场桥远程操作等业务，加速港口信息与业务的全面融合，吸引物流、商流、信息流、货流、人流等航运要素集聚，加快传统港口向自动化、智能化的智慧港口发展转变。5G 技术与码头的结合，为港口智慧化提供全新通信解决方案，为未来港口打开了全新的想象空间。

武汉 5G 智能网联汽车测试示范区



该示范区是中国首批 5G 开放道路智能网联汽车测试和运营示范区，该项目建成投产，武汉发布了全球首张自动驾驶商用牌照，标志着自动驾驶车辆在商业化运营上迈出了第一步。

范秉衡
湖北移动 CEO

合作单位



案例综述

湖北省武汉市建设的中国目前规模最大的 5G 智能网联汽车示范区，总面积 90 平方公里，示范道路总长 170 公里，规划 5G 基站 200 个，目前已完成 28 公里示范路段和 70 个基站建设，5G 信息化与路测设备总投资金额达到 2.17 亿人民币。

该示范区是中国首批 5G 开放道路智能网联汽车测试和运营示范区，内容包含智能化基础设施和智慧运营平台，其中智能化基础设施包括：智能化感知系统、北斗差分定位系统、边缘计算平台系统、电子化数据化交通标识、网联信号灯控系统；智慧运营平台包括：V2X 车路协同平台、管理调度监控平台、设备管理平台、数据分析和 SDK 平台等。

湖北移动基于 2.6G 频段上 160MHz 网络设备，采用宏站为主、微站为辅的方式保障道路信号连续，并规划了一整套车、路、云、网的整体体系，来解决当前基于单车智能的自动驾驶技术存在的问题。通过积极探索车辆智能系统与整体交通系统的有机互联，构建全新的智能汽车产业生态圈。

在示范区内，覆盖了多种测试道路，包括：高速公路、城市道路、环山道路、桥梁道路、林荫道路、乡间道路、维修道路等各种不同的场景。同时，车辆类型也多样化，包括：无人清扫车、无人公交、园区无人摆渡车、无人网约车、智能停车、无人物流车、无人售卖车、移动阅报亭等。



解决方案

在示范区内打通 5G 车联网云、网、边、端的整体方案，持续推动相关产业的协同和合作，联合通信产业、车企、智能驾驶企业、零部件和周边生态企业在测试运营、车辆调度和示范应用方面开展了以下实践：

专题	子专题	专题页面	指标名称
测试运营	测试运营	测试运营	车辆续航预警
			故障车辆 TOP10
			违章车辆 TOP10
			实时事件
			智慧出行
			智慧物流
			智慧环卫
			智慧城市零售
			实时告警信息
			运营点位
			车辆易违章点位
			车辆易发生故障的点位
			图层控制
		车辆监管	车辆基本信息

专题	子专题	专题页面	指标名称
示范应用	示范应用	示范应用	服务能力
			当天累计服务人次 TOP5 站点排名
			车辆基本信息
			安全员信息
			车辆运行信息
			历史故障告警统计
			线路规划
			车身监控
			车内监控
		智慧物流	干线支线物流运输能力
			无人货柜
			干线物流疲劳状态
			车辆基本信息
			安全员信息
			车辆运行信息
			历史故障告警统计
		智慧物流 (微观)	线路规划
			车身监控
			车内监控
			清扫能力
			车身 360 环视
			车俩基本信息
			安全员信息
		智慧环卫	历史故障告警统计
			线路规划
			车身监控
			车内监控
			智慧安防
			当日抓拍统计
			车辆识别视频
		智慧安防 (微观)	视频源组

加速 5G 产品商用进程

首次采用 5G 宏站 +5G 杆站协同组网来解决道路场景站址资源不足和部署缓慢的问题，有力推动了 5G 杆站关键能力的提升和商用进程；

突破车联网汽车业务网络关键瓶颈

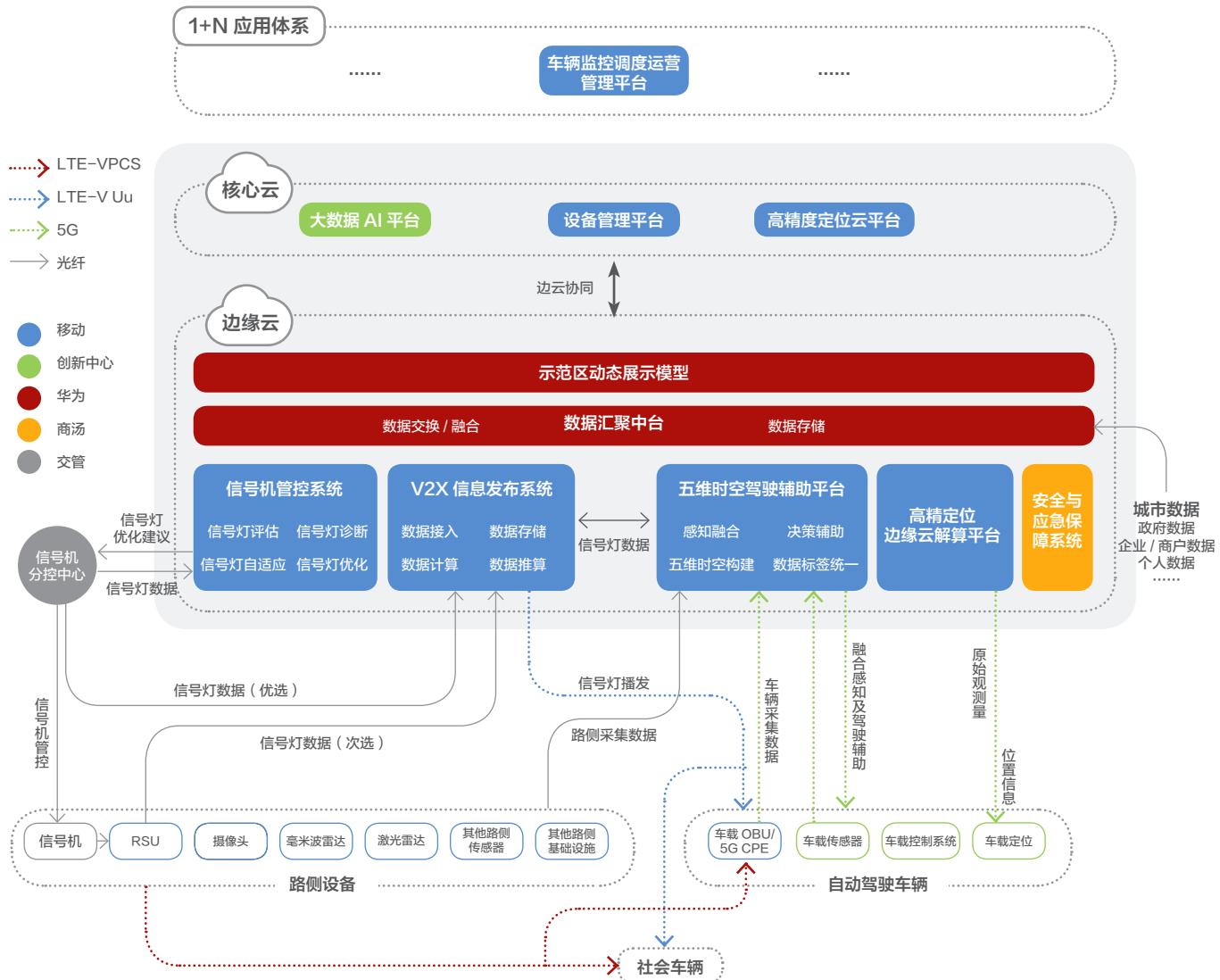
实现 28 公里示范道路上行 72Mbps、端到端时延 14 毫秒 5G 连续覆盖，解决当前远程驾驶场景高带宽、低时延的业务关键需求；

解决卫星定位信号连续覆盖的问题

在隧道、大型建筑物遮挡等 GPS/ 北斗无覆盖区域，通过 5G 网络传输位置定位数据，实现北斗终端性能辅助增强，缩短首次定位时间，改善终端定位精度，全面提升北斗消费类终端和行业终端应用性能；

实现 C-V2X 的场景落地

- 危险事件预警（路面积水，高温，结冰）
- 道路拥堵预警
- 红绿灯推送
- 变道辅助



经验总结与后续计划

- 2020 年预计完成 170 公里的剩余道路全覆盖，建成通用的 5G 智能网联汽车测试和示范平台，实现不同企业、不同接口、不同数据格式的统一接入。
- 制定智能网联汽车 5G 网络建设标准、测试标准、验收标准、运营标准。
- 实现目前部分承载在 LTE-V 网络上的业务向 5G 迁移。
- 完成复杂场景（夜晚、大雾、雨雪雷电）测试条件的搭建。
- 实现从测试到商业运营的落地，推动环卫、物流、售货车等场景的商用落地，实现产品化。



5G BRT 智能网联车路协同系统



美好厦门，5G 驶达。作为全国首个 5G/C-V2X 商用案例、全球首个 5G 智能网联公交商用案例，厦门 5G BRT 智能网联车路协同系统项目成功推出了智能车速策略、实时车路协同等充分体现 5G 大带宽、低时延等特性的典型应用，其技术业务模式可复制、可推广，未来可为更多的营运车辆、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

合作单位



案例综述

2018年，大唐移动与厦门市交通运输局达成战略合作，共同推动厦门5G智慧交通应用发展，同年9月联合厦门公交集团、中国联通集团共同发布了国内首个面向5G的城市级智能网联应用，即厦门5G BRT智能网联车路协同系统。

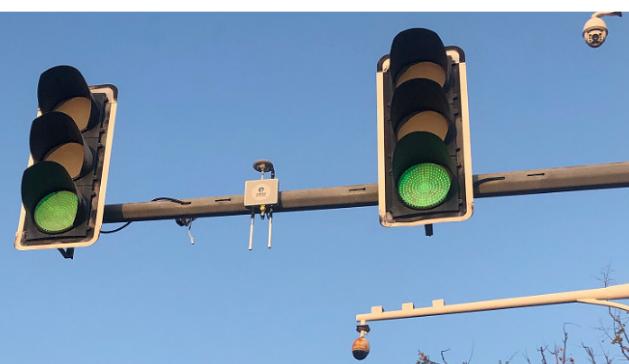
厦门BRT快速公交系统运行在专有道路上，其行驶路线除少数社会路口外基本处于封闭状态，天然适合车联网应用的部署。项目启动阶段对两辆BRT公交车进行5G智能网联升级改造以实现车车、车路、车云实时通信，通过部署激光雷达、高清摄像头、RSU以及5G边缘计算服

务器等设备建设5个智慧路口，依托5G网络低时延、大带宽等特性推出了超视距防碰撞、实时车路协同、智能车速策略以及安全精准停靠四大业务应用。

截至2019年11月，两辆BRT公交已完成6000公里以上的应用测试，通行效率、节约能耗等方面的测试结果均顺利通过了业主单位的评审，得到了厦门公交集团的高度评价，并将交付规模增加至50辆BRT公交车，使得该项目成为了国内第一个经过成熟商业模式验证的智能网联商用汽车项目。



▲ BRT 智能网联公交车



▲ 智慧路口设备

行业挑战

随着我国城市化进程的加快，交通拥堵、事故频发和尾气污染等交通问题日益严峻。公交系统作为城市交通的组成部分同样不能幸免。从公交集团的统计数据上看，一方面针对公交通行效率方面的投诉比较集中，占比 50% 以上；另一方面公交车的油耗占整个运营成本的 15% 以上，且是环境污染的主要因素。厦门 BRT 公交由于其站台距离地面位置较高，停靠站时一旦距离站台过远容易造成乘客踩空事故的发生。

解决方案

大唐移动将 C-V2X、5G、MEC（Multi-access edge computing）等先进通信技术与单车智能驾驶技术相结合实现智能网联，搭建了车内、车际、车云“三网融合”的车联网系统架构。

车内网：通过智能车载终端获取的安全信息，结合车内传感器的感知数据，经过感知融合算法，为车辆决策单元提供更安全可靠的参考信息，从而满足了对时延要求极高的车辆行驶安全类应用的需求；

车际网：通过 V2V、V2I，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）的交互；

车云网：搭建车辆与 5G 公网的交互通道，将 MEC 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。

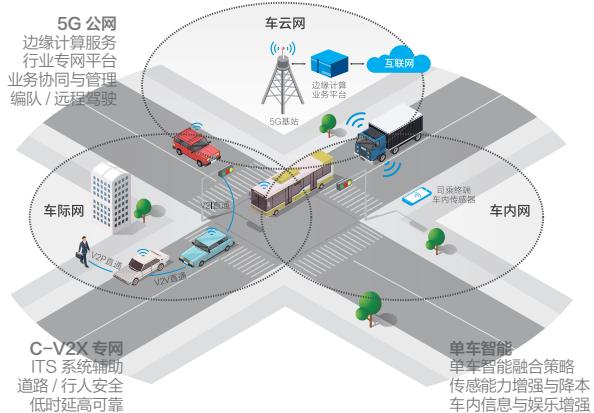
车内、车际、车云三网融合，提供车辆智能网联中不同层面、不同类别业务的实际应用，有效提升车辆行驶安全，提高交通通行效率，从而促进城市交通智能化。基于该三网融合方案，需要对 BRT 车辆及社会路口进行智能化升级改造，其中该项目涉及的社会路口由于路权归属、施工难度等问题难以采用有线的通信方式，因此路口的感知设备和 MEC 平台之间采用 5G 网络进行通信，均可满足其带宽和时延的项目需求。带宽方面，路口多路视频的采集（如 4 路 1080p、30fps 的视频）对上行带宽的需求在 32Mbps 以上；时延方面，3GPP、ETSI 等标准化组织对主动安全类应用的端到端通信时延要求控制在 100ms 以内，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

针对以上公交运营的痛点问题，厦门 5G BRT 车路协同系统通过 5G 及 V2X 技术实现了车路、车车、车云通信，一方面以主动安全的方式降低 BRT 车辆在社会路口的事故发生率并提高路口通行效率，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做到公交车辆运营的精细化管理，不但提高了能耗利用率，也实现了进出站台的精准停靠。

输时延要求至少控制在 30ms 左右。由上可知，相较于 4G 网络，只有 5G 网络的 QoS 才能保障带宽和时延方面的需求。下表是在厦门现场对 4G、5G 网络带宽、时延等数据的测试结果。

	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）	500Mbps	1.6Gbps	16ms

依托 5G/C-V2X 技术的优势，系统实现了实时车路协同、智能车速策略、安全精准停靠以及超视距防碰撞四大业务应用。



▲ “三网融合” 5G 智能网联系统架构

01 实时车路协同

车路协同技术首先可实现交叉路口 360° 盲区检测。通过 MEC 对多种传感器探测信息进行感知融合，获取路口行人、机动车及非机动车等障碍物的详细信息并进行行为预测，最后经由 5G 网络把 MEC 处理的数据传递给周围车辆。一方面利用 5G 网络的低时延特性达到实时的安全信息传递，另一方面利用 5G 网络大带宽的特性传递更丰富、更多维度的路口状态信息。智能车辆通过这些信息做出安全防撞决策，有效降低了路口交通事故的发生率。

其次可实现绿波通行，车辆通过车路通信提前获知前方路口灯态信息，结合自身车速、位置等信息计算出绿波建议车速，同时系统也可对前方路口的红绿灯进行调整控制，保证 BRT 车辆优先通行，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

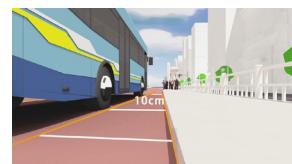
通过在 5G MEC 上部署智能车速策略，利用 5G 网络的低时延特性，支持车辆行驶数据、状态信息、路况、区域化信息等通过 5G 网络实时分享上报，同时 MEC 结合实时路况信息，计算出不同位置下车辆的最优车速，再通过 5G 网络反馈给车辆。车辆一方面以更合理的车速行驶，另一方面也减少了紧急加减速和急停等行为的发生，达到节能减排目的，百公里油耗可节省约 10%，每车每年可节省油费近 2 万元，大幅降低运营成本。



▲ 智能车速策略业务

03 安全精准停靠

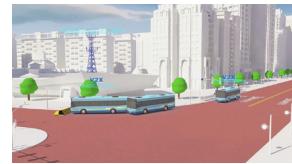
高精度地图、融合感知算法、路径规划等策略部署在 5G MEC 上，MEC 利用 5G 网络的高效数据通道将这些大数据量的信息实时下发给车端，车辆根据这些策略，进站时调整行驶轨迹，实现厘米级的精准停靠站台，车门与站台间距控制在 10cm 以下，以保证乘客上下车辆的安全，进一步提升了厦门市 BRT 优质高效安全的品牌形象。



▲ 安全精准停靠业务

04 超视距防碰撞

车与车之间通过 V2V 实时通信交换彼此的距离、速度、位置等信息并计算出碰撞时间 TTC (Time to Collision)，自动驾驶车辆根据 TTC 时间，采用阶梯式减速或制动策略，可实现道路行驶中、通过交叉路口等不同场景下的超视距防碰撞。其优势在于不受视距影响，不受雾、霾、阴雨等天气对能见度的影响，可大幅增加车辆感知范围，最远超过 450 米；可以在成本较低的前提下，减少交通事故的发生，提高安全出行。



▲ 超视距防碰撞业务

经验总结与后续计划

5G BRT 智能网联车路协同系统在完成交付后，为交通行业业主单位带来安全提升、效率提高、节能环保等多方面优势，其中智能车速策略可节省 10% 油耗，直接降低了业主的运营成本；安全精准停靠与站台间距控制在 10cm 以内，减少乘客上下车易发生踩空摔倒事故，有效减少了用户的投诉；交叉路口 360 °盲区检测，可显著提升 BRT 车辆通过路口时的安全性，减少驾驶盲区和碰撞次数，提高路口通行效率，保障安全出行。未来在现有四项成熟的业务应用外，还可根据交通行业用户的需求和 5G 最新技术的性能指标，进行定向针对性的业务开发。

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，技术上支持向后兼容和后续演进，是一套比较成

熟和稳定的系统，已经在全国多地进行示范建设，目前在厦门、郑州和天津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。后续随着业务范围的扩大，实现大规模、大范围的推广，不仅可以应用于 BRT 场景下，还可以根据业务需求应用于普通公交系统、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。

项目成功交付后有效提升了厦门本地的 5G 智能网联相关产业链的发展和技术水平的跃升，促进就业，倡导绿色出行，提高出行效率和出行体验，同时也为当地 5G 智能网联驾驶标准的编制、智能驾驶建设、测试、运营及管理等法规体系的建立积累了丰富的经验。

5G 在智能电网中的应用



经过两年多探索，南方电网、中国移动和华为三方在 5G+ 智能电网领域的联合创新已进入深水区。电网“发输变配用”全业务类型丰富，可实现 5G 三大类场景全覆盖，5G 网络切片好比一张“虚拟无线专网”，可提供高强度安全隔离和定制化资源保障。相比于以往移动通信技术，5G 有望解决电网末端海量终端接入的通信“卡脖子”问题，能更好地满足电网业务的安全性、可靠性和灵活性需求。期待 2020 年电力定制化 5G 通信终端及模组的问世，我们将继续金诚合作并在南方五省规模试点。

杨俊权
中国南方电网电力调度控制中心副主任

合作单位



案例综述

南方电网、中国移动和华为从 2018 年开始开展 5G+ 智能电网战略合作，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。从顶层设计、国际标准、关键技术、现网试点、终端模组到业务运营方面，实现 6 项全球第一：

- 2018 年上海 MWC 发布《5G+ 智能电网白皮书》
- 向 3GPP 提交 5G+ 电网相关提案数量全球第一
- 深圳现网试点 5G+ 差动保护
- 深圳现网试点 5G+PMU
- 深圳现网试点端到端切片，首款电力 CPE 设计
- 持续向商用孵化产品和商业模式，计划 2020-2021 在中国南方五省试商用。



行业挑战

智能电网将向海量连接、安全高效、末梢延伸发展，面临如下挑战：

配网急需提升供电可靠性，实现配网故障精准定位：传统配网采用过流保护，停电影响范围大，无法精准排查。
光纤在配网铺设难度大：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，光纤很难全覆盖，成本高时间长维护难（15 万 /km）。

智能分布式配网差动保护、配电网同步相量测量 PMU，对 5G 通信要求非常高：时延平均 15ms 以内，授时小于 1 μs，可靠性 99.99%。

解决方案

利用 5G 技术，为电网提供了一张灵活调度的虚拟专网，提供安全隔离的切片，以及高精度授时和低时延的网络能力，为电力行业提供了新的无线接入方式，同时为运营商开启了 2B 业务探索。

首先从顶层设计开始，2018 年在上海发布了全球第一个 5G+ 智能电网白皮书，并向 3GPP 提交 5G+ 电网相关提案，其中 15 篇被采纳，顶层设计包括了面向行业特点的端到端切片方案，以及授时、时延方案。

在技术创新方面，实现了国内首个切片端到端网络与运营管理的打通，制定了授时标准提案等，并在深圳外场试点：

01 切片网络端到端创新

从核心网（UPF 隔离、虚机隔离）、传输（Flex 硬切片、VPN）、无线（QCI 与 ARP）端到端网络打通，实现物理 + 逻辑隔离，并创新切片运营平台 CSMF/ 切片管理平台 NSMF/ 电网切片管理平台。在深圳已经实现流程打通，实现了现网切片可运营：

- 电力管理平台：电力的切片管理端，购买切片，以及针对已经购买的切片查看业务运行状态。
- 切片运营平台（CSMF）：运营商切片运营，为政企部 / 市场部设计开发，设置切片模板，为大客户定制切片，并管理切片商品资源。
- 切片管理平台（NSMF）：运营商切片管理，为网络部 / 规划部设计开发，跨域的配置下发，状态管理，SLA 规划。
- 自研传输转发芯片，为电力业务提供专用转发通道，实现可确定的转发时延。

02 授时创新

电网要求在一个电流周期内，也就是 20 毫秒内对相邻节点的相同时刻的波形和相位进行比对。由此要求端到端通信时延小于 15 毫秒，空口授时精度达到 10 微秒。从组网到设备、终端开展针对性研发，经过外场实测，平均时延 10 毫秒，从 R16 标准提案，从基站提取时钟源到终端，当前版本空口授时精度达到 300 纳秒。

经验总结与后续计划

电力行业安全要求高，需要进一步得到国家安全标准的认同，也需要下游产业链的电力终端厂家匹配最新的建设标准。为此，南网已经开展规模试点的计划，即将在南网各省规模试点，制定行业网络、终端、应用的标准。

截至目前，已梳理 52 个电网应用场景，遍历电网“发 - 输 - 变 - 配 - 用”生产流程，并在深圳开展了配电自动化、输变电视频巡检、计量集抄等 5G 应用试点，计划在 2020 年在中国南方五省（广东、广西、海南、云南、贵州）开展现网试点，特别是未来将打造广州南沙示范区。

预计未来用户规模可达千万级以上，社会效益、经济效益可达 50 亿元以上。

03 时延解决方案

针对时延进行优化，传输部分采用华为自研芯片 NP 转发时延低于行业值。核心网采用 MEC 下沉降低时延，并面向确定性时延优化核心网处理能力，无线增强了 5G RAN 可靠性功能。

04 电力 CPE 终端

针对电力授时需求设计带授时功能的 CPE。

05 现网测试

面向商用，在深圳开展了 5G 小规模网络部署。

2019 年 5 月完成深圳外场测试差动保护与 PMU 测试。

2019 年 6 月上海 MWC 期间 SA 切片端到端打通：在公众切片出现大量误码丢包的情况下，电力切片仍然保持上述性能表现。充分验证 5G 商用组网能够满足智能电网的需求。

2019 年 9 月面向业务运营，实现了全球首个 5G SA 切片端到端流程，全力打造虚拟专用网产品，网络切片从技术实现走向业务实现，实现切片可管、可控、可运营。

咪咕 5G 快游戏



5G 时代，内容消费全面云化。“云网融合、网随云动”，云游戏作为 5G 时代公认的杀手级应用，延展了用户消费的内容、时间和空间，给用户带来了全场景沉浸式游戏体验。咪咕互娱作为目前国内最大的云游戏运营商，将与行业合作伙伴携手并进，共同推进云游戏产业的健康持续发展。

冯林

咪咕互动娱乐有限公司 CEO

合作单位



案例综述

2019 年，针对中国移动 5G 战略部署，中国移动咪咕公司打造了基于 X86/ARM 架构的全新云游戏业务平台——

“5G 快游戏”（产品名称：咪咕快游），充分发挥 5G 网络超低延迟、超大带宽特点，结合云游戏运行模式，实现游戏都在服务器端运行，并将渲染完毕后的游戏画面通过网络传送给用户。

基于“5G 快游戏”平台，游戏运行不再受限于处理器、显卡等物理硬件，更让图形处理与数据运算能力相对有限的轻端设备（thin client）也能运行高品质游戏。

“5G 快游戏”还改变了传统游戏的下载安装，及应用内付费的模式，采用用户即点即玩，订阅畅玩的模式，实现

5G 在互联网游戏行业的商业化探索，对游戏研发，游戏发行以及玩家的用户习惯带来了颠覆式的变革。



行业挑战

云游戏从最早的概念提出发展至今已逾 7 年，期间国际诸多大厂都推出了自己的云游戏平台，但受限于时延与带宽，云游戏业务只能部署在特定的“局域网”内，无法大规模的商业化推广，也未能获得用户广泛认知，时至今日仍略显小众。

同时，游戏行业的发展中还存在以下几点突出问题：

- ① 高画质高性能与终端轻量化的突出矛盾；
- ② 下载型游戏，游戏运行在本地，版权保护困难；
- ③ “免费下载，应用内付费”的现有商业化模式导致了游戏行业重“付费转化”，轻“用户体验”的现象，“好游戏叫好不叫卖”的问题突出。

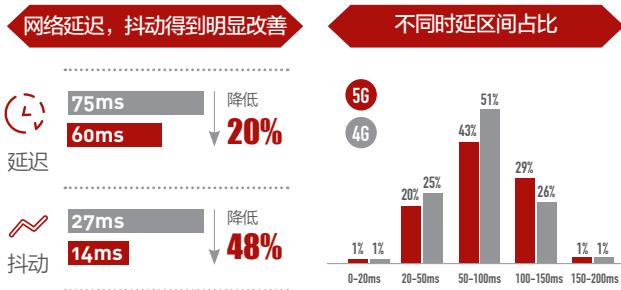
解决方案

5G 快游戏是咪咕互娱基于云计算技术打造的新一代云游戏平台，实现游戏云端运行、无需下载、即点即玩，为用户提供超高清沉浸式体验。

- 云化平台：**5G 快游戏平台以云化的方式，将原来在 PlayStation、Xbox 等主机上才能运行的游戏在普通的手机、PC 和机顶盒上也能进行跨屏体验，给游戏行业带来了颠覆式的变化。

- 计费模式：**在商业模式方面，创新的在游戏行业提出时长计费，改变原有应用内计费模式，结合订阅制的方式，让“Game as a Service/ 游戏即服务”成为了可能。

- 网络性能：**对于游戏玩家而言，延时和抖动是对游戏玩家体验的关键指标。基于 5G 网络并结合 5G 的边缘计算能力、网络切片能力，可以有效解决云游戏对计算能力、画质、网络延时的要求。以 4K 60 帧 HDR 运行超高清画质游戏，延时低于 50 毫秒，下行速率能够达到 50–150Mbps。在 5G NSA 组网环境，实际测试效果对比数据如下：



主要特点

① “新技术”：云端内容管理可实现入口可控，全程可管可控

“5G 快游戏”所有游戏的运营内容都在统一的云服

务平台，游戏画面通过视频流下发到用户端。在通过云服务平台，随时可以开展实时审查游戏内容、调整游戏位置、下线游戏实体等各类管控操作，充分实现全流程可管可控。

② “新模式”：会员订阅制绿色健康

咪咕 5G 快游戏采用会员订阅制，以包月方式提供权益服务，不做游戏内订购，内容为精选的无广告、无内购的优质绿色内容。云游戏通过提供给优质健康内容为手段吸引用户订购；而非传统游戏通过刺激用户冲动消费牟利。

③ “新手段”：知人知场，实现完善防沉迷体系

5G 快游戏所有游戏都在服务端运行，通过指定客户端（如咪咕游戏）启动服务端的服务，依赖云游戏平台能力可以实现用户身份认证、使用时长控制、使用内容控制，保护未成年人的使用权责。

④ “新机制”：保护知识产权，维护正版权益

在线版权保护，5G 快游戏全程通过视频流到客户端与用户进行交互，用户无法接触到游戏，从根本上杜绝了通过破解游戏包体盗版的可能性，维护正版权益，防盗版防破解。通过平台上如果出现侵权内容，通过云端控制可以立即下线相关内容。

⑤ “新蓝海”：模式创新，开启游戏行业新蓝海

在用户需求主导下，5G 网络规模建设、云计算成本降低等因素驱动下，云游戏用户体量将高速增长，市场规模增速可达 45–50%。

5G 云游戏“高清互动视频流”将按照三屏统一权益（同一价格体系、同一游戏账号、同一商务模式）的设计思路，构建主机 + 安卓差异化内容体系，构建基于时长的游戏内容分成商务模式，充分调动合作伙伴的积极性，专注内容和用户体验。

经验总结与后续计划

“5G 快游戏”目前已发展成为中国最大的云游戏平台。产品承载的游戏过 3000 款，内容储备量也居中国云游戏平台第一。

目前“5G 快游戏”平台已支持主机游戏、PC 游戏和手机游戏的云化，后续依托 5G 全面部署，一方面推进 GPU 虚拟化、视频编解码等关键技术能力，将商用现网画质全面提升至 4K/60 帧画质，另一方面将重点打造“云 VR”的技术承载能力，云 VR 游戏对网络时延要求控制在

20ms 以内，所需的带宽容量也远高于普通的云游戏容量。

在行业生态建设方面，2019 年咪咕联合行业合作伙伴建立“原生云游戏”的工作室，进行“原生云游戏”的研发，结合云游戏的基础商业模式，打造云游戏内容生态。

2019 年 10 月，咪咕互娱牵头组建“5G 云游戏产业联盟”，着手推进“世界 5G 云游戏产业大会”和“全球 5G-XR 游戏产业联盟”的筹办工作，2020 年咪咕将以此为基础，加速推进 5G 产业游戏生态整体建设。

江西南昌红谷滩 5G 云VR示范区



5G 不仅增强了现有的 VR 体验，还发挥出 VR/AR 在移动端的独特优势，拓展出全新的应用场景，VR 也为 5G 发展提供广阔的应用支撑。5G 与 VR 像孪生兄弟般相生相伴，南昌 5G+ 云 VR 示范区的落地，探索出一条技术产业协调发展的道路。

黄晓庆

江西电信总经理

合作单位



案例综述

2019 年 11 月初，中国电信在全国 50 座城市启动 5G 商用，并同步发布包括天翼云 VR 在内的 5G 应用。天翼云 VR 将依托中国电信 5G 超高速网络，实现 VR 业务内容上云、渲染上云。

中国电信江西公司联合华为公司，在南昌市红谷滩区合作建设 5G 云 VR 示范区。示范区面积 37km²，是集商贸金融、行政办公、信息、文化、居住等多功能为一体的新型城市中心区。按现网 LTE 站点 1:1 建设规划 NR 宏站 101 个，规划小区 289 个，目前已开通小区 219 个。5G 重点区域已开通 NR 基站 6 个，共安装 18 个 AAU，其中 4 个地面站，2 个楼顶站。

通过示范区的建设计划完成以下目标：

- ① 建立中国电信基于天翼云的 5G 云 VR 业务体验模型
- ② 制定 5G 云 VR 业务在不同场景下的建网策略，输出 5G 建网标准白皮书
- ③ 制定 5G 云 VR 业务的体验保障方案



▲ 中国电信 5G 云 VR 发展策略

行业挑战

在 4G 时代，超高清视频和 VR 全景视频传播主要以硬件存储、本地播放的形式存在，产业发展规模受限。进入 5G 时代，虚拟现实（VR）的体验需求开始从视听的沉浸体验向进一步强调交互的临场体验过渡，目前行业发展主要面临以下挑战：

缺乏统一明确的 VR 业务体验标准

对于 VR 业务的用户体验需求的定量认知仍然处在未明状态，无法真正从用户体验出发牵引 VR 产业发展。

缺乏基于 VR 业务体验的网络规划和建设标准

由于云 VR 业务对带宽、时延、丢包等指标高度敏感，决定了网络建设必须基于应用场景的特点进行规划，但是目前基于 VR 业务体验的网络规划和建设标准不明确，无法为运营商的 5G 网络建设提供需求参考依据。

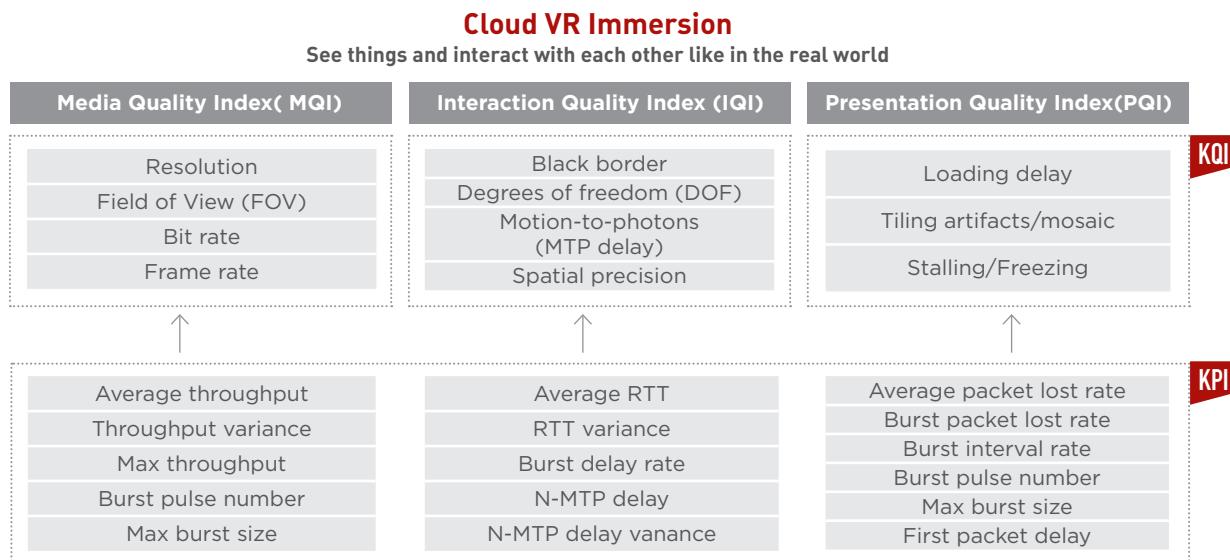
无法快速响应排查故障

5G 云 VR 的业务体验保障方案尚未明确，对于体验中发生的问题无法做到快速从端、管、云的维度进行定位定界，无法做到快速响应，影响客户体验感知。

解决方案

01 5G 云 VR 业务的体验标准

通过对云 VR 业务的分析，构建了业务体验指标体系，包含“媒体质量指数(MQI)、交互质量指数(IQI)、呈现质量指数(PQI)”共3类业务指标。通过对三类指标的综合打分，实现VR业务体验的评估。该建模体系可适用于VR游戏、VR 360°视频、VR直播、巨幕影院、VR 教育等场景。



▲ 用户体验模型到网络能力基准的映射

02 5G 云 VR 业务的 网络标准和建网策略制定

在江西南昌红谷滩 5G 云 VR 示范区建设过程中，首次还将业务体验标准体系与网络性能指标相关联。按照业务基本体验综合得分 60 分的标准，输出 5G 网络 KPI 要求（上下行带宽，RTT 时延，丢包率）。同时，通过加扰方式，从带宽、时延、丢包

ServiceType	Sevice Scenario					Network Requirement				
	Sub-Scenario	Resolution ratio	Bit rate (Mbps)	Frame rate(fps)	Bandwidth (TCP DL)	Bandwidth (TCP UL)	Network RTT Delay	Minimum RSRP(dBm)	Minimum SINR(dB)	
视频	180° 3D	4K	100	30	150Mbps	1Mbps	≤ 35ms	-105 dBm	3dB	
	360° 2D	4K	40	30	60Mbps	1Mbps	≤ 35ms	-108 dBm	3dB	
	360° 3D	4K	40	30	60Mbps	1Mbps	≤ 35ms	-108 dBm	3dB	
	8K 2D(FOV)	8K	60	30	90Mbps	1Mbps	≤ 35ms	-110 dBm	2dB	
	3D 影院	4K	30	30	45Mbps	1Mbps	≤ 35ms	-110 dBm	2dB	
	巨幕影院	4K	30	30	45Mbps	1Mbps	≤ 35ms	-110 dBm	2dB	
游戏	VR 游戏 (高时延敏感度)	3K	40	60	80Mbps	4Mbps	≤ 20ms	-108 dBm	3dB	
	VR 游戏 (中时延敏感度)	3K	40	60	80Mbps	4Mbps	≤ 40ms	-110 dBm	2dB	
	VR 游戏 (低时延敏感度)	3K	40	60	80Mbps	4Mbps	≤ 60ms	-110 dBm	2dB	

▲ 电信 VR 业务 5G 建网标准

3个维度调整不同参数，模拟不同网络质量对业务体验的影响，形成 VR 业务的网络保障基线需求，并通过 5G 空口质量对速率和时延的影响，分析业务体验和无线空口的指标(RSRP/SINR)间的相关性，获取关系曲线，输出基于云 VR 的业务建网标准要求，为云 VR 示范区的网络建设提供依据。基于大量的实践测试，下面的表格显示了云 VR 的业务参数与网络性能的对应关系。

在建网策略方面，通过对江西南昌红谷滩区 5G 网络的仿真分析和分场景的业务验证，项目针对以下不同的场景分别提供了不同的策略建议：



高层楼宇
包括住宅 / 办公楼 / 酒店

场景特点：

高层、超高层建筑，高度 >100m，楼宇密集，互相遮挡严重用户，所在位置不固定，室内外至少有一堵墙 (26dB) 以上的穿损。

建网策略：

对于以上超高层楼宇场景，普通宏站覆盖方案难以形成网络全覆盖，建议采用 5G+WiFi6 互补方案进行场景覆盖。5G 网络进行室外及浅层覆盖，室内采用 XGPON+WiFi6 方案与 5G 形成互补，供用户日常业务体验。



中层建筑
包括机场 / 车站 / 大型商业街 / 购物中心

场景特点：

建筑物面积大（上万平方米），高度较低（20m 以内），室内空间大，业务分布集中，流量大，小区负荷较高；建筑外部通常使用大面积的玻璃幕墙，或采用半开放式结构，穿损相对较小（10dB 以内）。

建网策略：

对于机场、车站、大型商圈等容量需求较高的场景，建议采用有源室分方式进行 5G 网络的部署，灵活扩容，最大程度提升网络容量，保障大话务场景下用户网络感知。



中低层建筑
包括城中村 / 中低层居民房等

场景特点：

建筑物密集，楼高较低；业务大多发生在室内场景，室内深度覆盖为主要目标；物业协调困难，站点选址安装困难。

建网策略：

对于城中村、低层居民区等场景，建议采用宏微结合的方式，充分利用杆站、挂墙小站与楼顶宏站方式相结合，通过楼顶宏站形成广覆盖，各类小站进行深度覆盖补充，全面提升场景网络覆盖质量。



室外开阔区域
包括绿地 / 公园 / 广场 / 街道等

场景特点：

场地开阔，面积大，人员和业务分布不固定；基站无直接遮挡，计算链路损耗时，基本上只需要考虑树衰。

建网策略：

这种场景通常使用室外宏站就可以获得较好的覆盖效果，实测证明在中等站间距（500m 左右），使用普通塔站或楼顶站条件下，可以实现 RSRP 平均在 -95dBm 以上，95% 区域边缘值在 -110dBm 以上的覆盖目标。同时对于人流密集区域，可挖潜周边杆站资源采用 Easy Macro 近距离精准覆盖，提升网络容量和边缘用户体验。

5G 应用价值

通过示范区内不同 Cloud VR 场景的验证，输出包括 VR 视频、VR 游戏对网络的时延、带宽、丢包基线需求，基于此基线输出 VR 业务的 5G 网络建网标准和无线建网策略，完成 VR 示范区的建设，后续可指导全网基于 5G VR 体验建网，达到可复制可落地的目标。

03 5G 云 VR 业务的体验保障方案

截止到 2019 年底，电信 VR 用户已经发展到 50 万，预计 2020 年可发展用户 500 万，但是由于缺少基于 VR 视频、VR 游戏体验的运维可视、可定界的管理方案，目前主要依靠人工处理用户投诉，无法快速诊断闭环。基于此，急需部署快速定位定界工具，提升服务水平。

云 VR 业务体验管理保障方案实现了“业务质量可视、业务质量定界、VR 用户投诉支撑”三大功能：

① 依靠终端数据实现云 VR 体验的准确测量，实现业务质量可视；

② 基于云管端数据联合分析，实现业务故障快速定界；

③ 通过定界结论和客户投诉支撑系统对接，实现对 VR 用户投诉进行支撑，快速闭环故障。

通过近期项目现网试点，VR 指标精度高于 95%，用户投诉减少 70%，MTTR（平均修复时间）效率提高 75%。

VR 业务质量可视

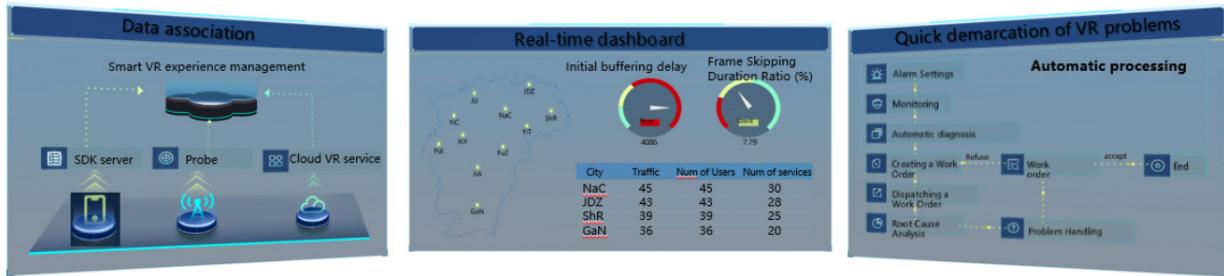
- VR 体验指标体系监控
- 各层区域统计呈现

业务质量定界

- 群障问题快速感知
- 快速定界告警所在设备

VR 用户投诉支撑

- 用户接入路径
- 定界结论、处理建立
- 呈堂事件分析



项目价值

江西省南昌市红谷滩区 5G VR 示范区对 5G 云 VR 业务体验、建网标准以及组网策略进行了非常有价值的先行探索，示范区通过验证 5G 云 VR 的建网标准和策略，输出了基于 VR 体验的 5G 建网标准白皮书，形成了一套完整的示范区建设流程规范，对后续全国乃至全球范围打

造高等级云 VR 业务示范区有重要的推广意义和价值。

同时基于业务体验保障方案，使得中国电信能够使用工具平台做到 VR 视频、VR 游戏体验的运维可视、可定界，大大提升了服务的效率，为最终用户提供差异化的体验保障，有效提升客户满意度。

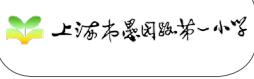
基于 AI QoE 的 5G 云 VR 教育应用



长期以来，我们一直在关注 VR 在教育教学方面的卓越成效。如今，5G 技术为基于 VR 的智慧教育建设落地提供了重要基础。通过实际部署，5G 云 VR 教育方案受到了师生们的欢迎，这也使得我们对本次战略合作充满信心。

胡蓉
上海市长宁区愚园路第一小学校长

合作单位



案例综述

虚拟现实是探索未来教育新模式中的重要一环。本方案结合了电信运营商的网络资源，诺基亚 5G 网络设备、技术和商业云平台以及百度 VR 面向学校教学开发的丰富内容，多方合作打造出一套完整的，可持续商业化运营的 5G+ 云 VR 教育方案，为上海市愚园路第一小学构建了一个 VR 教育课堂，可支持全校 40 多个班级的自然科学课程的 VR 教学授课。

行业挑战

VR 技术能够在传统中小学教育中，为学生提供沉浸式学习体验。虚拟实境化的教学可增强学生对知识的理解度，亦可提供经济简便的虚拟化实验操作环境。

但是在 VR 教育引入 5G 技术之前，已进行的各种实践模式存在多种挑战：

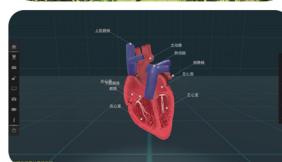
- **PC VR 教学方式：**采用一台 PC 单机支持一路 VR 设备方式，须以有线方式连接 VR 设备，学生体验不佳。对学校来说，PC 硬件的采购，线路设计，部署及日常维护工作繁重，且资源闲置时无法实现校间共享。

- **一体机 VR 教学方式：**VR 教育内容直接在无线 VR 一体机上运行（基于手机处理器），虽解决了无线和移动性问题，但一体机自身运算能力弱，以至画面简陋，流畅度差。

- **云 VR 教育 + 宽带方式：**采用 VR 云平台部署，通过 FTTX 宽带连接教室，可实现无线轻量化 VR 设备教学，但普通宽带的带宽稳定性及延时抖动指标差，难以满足商用长

期稳定运行要求。

- **云 VR 教育 + 专线方式：**采用 VR 云平台部署，通过专线连接教室，可实现无线轻量化 VR 设备教学。专线带宽及延时性能优良，但部署工期长，且由于 VR 教学带宽要求很高（每个 VR 教室至少需 600Mbps 下行带宽），专线租用成本非常高昂。



解决方案

该项目利用中国电信云计算资源及 5G 网络覆盖，为上海市愚园路第一小学构建一个 VR 教育课堂，可同时支持全校 40 多个班级自然科学课程的 VR 教学授课。项目于 2019 年 3 月启动，5 月完成建设，至今已结束 6 个月的试运行，正式进入商用运行阶段。

5G 云 VR 教育方案充分运用了 5G 网络大带宽及边缘云计算所带来的低时延的技术优势，实现了轻量化、无线化、易管理、可移动、可共享的 VR 教育服务模式。此外方案还集成了先进的基于 AI 技术的 QoE 保障方案，通过内容自动识别，带宽预测和 VR 用户体验实时评估等 AI 技术，实现了在 5G 网络多业务运行的环境下对 VR 教育用户流媒体体验的高效保障。

在靠近学校用户侧的边缘云机房部署 VR 教育云平台，并在平台上适配各种定制的 VR 教学课件。VR 云平台对 VR 教育内容进行实时渲染及转码后，以流媒体方式通过 5G 网络下行推送至教室内各学生的无线 VR 一体机上（实验阶段需转 WiFi）实现 VR 教学。

网络需求方面，5G 网络需满足一个教室（至少 8 路）VR 一体机的并发下行推流要求，每路 VR 流均需保证下行 60Mbps 平均速率（分流投屏至显示器），同时满足 10ms 左右的双向时延，以避免 VR 画面的延迟和缺损。为实现这个要求，在 VR 教室内专门部署了 5G 小站提供信号覆盖，可满足 1Gbps 以上的下行带宽要求。同时将 VR 教育云平台就近部署于边缘云机房，以实现网络大流量卸载和双向的低时延交互。



▲ 通过移动端 APP 对云 VR 教育平台进行远程控制



▲ 基于 AI 的 QOE 带宽预测及码率优化

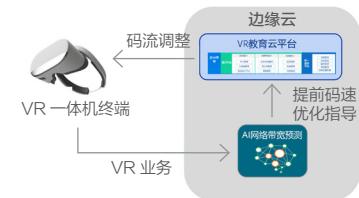


▲ 5G 云 VR 课堂

VR 教室内根据学生规模布置若干课桌，每课桌配置一路无线 VR 一体机（带互动手柄）及一路显示器（同步显示 VR 内容），每个课桌安排 4-5 名学生，在学习课程时轮流进行 VR 内容体验，每个学生一节课平均体验 4~5 种 VR 内容，每次 1 分钟左右。

所有教室内 VR 设备的运行状态及课程播放均由任课教师通过移动端 APP 对云 VR 教育平台进行远程控制。教师按授课需要选取相应的 VR 课件内容，VR 教育云平台收到指令后对该课件进行实时渲染计算并向学生的 VR 设备流化推送。这种方式既有效保证了课程进度，同时也实现了学生对 VR 设备使用的高度可控。

该项目还引入了基于 AI 的内容自动识别，带宽预测和 VR 用户体验实时评估，能够实现对特定 VR 流媒体内容的 QoE 实时预测，AI 可预测 5G 网络带宽波动并反馈给 VR 云平台进行转码码率调整，从而保证稳定的用户体验。



经验总结

从面向学校教学价值的角度，5G 云 VR 教育方案为学校提供了真正可持续化规模运行的 VR 教学模式：

- 硬件维护简单，可用性高：**学校仅需对 VR 头戴设备等进行日常管理，维护难度及强度很小。VR 云平台配置冗余硬件资源以保障高可用度运行，硬件故障不影响学校课程开展。

- 无线连接方式增强使用体验：**每台 VR 头戴设备均以无线方式，通过 5G 网络从 VR 云平台获取运行内容，学生使用体验好。课堂整洁线缆少，环境安全。

- 无缝的内容更新升级：**所有课件内容升级更新或新增课程的部署均于非上课时间在 VR 云平台上进行，故升级更新对教学安排无影响，学校亦无需提供人力进行配合，

各 VR 教室可自动获取最新的课件内容。

- 无需考虑硬件升级或兼容性：**所有新引入的课件均预先在云平台上调试到最佳运行状态，再投放给各学校使用。由于渲染运算在云端进行，故校方无需顾虑运行效果或硬件兼容性问题，引入新课件也不会对学校有硬件升级需求。

- 软硬件资源共享：**基于 VR 云平台部署的业务模式支持同一组软硬件资源被多个学校的 VR 教室共享，提高资源利用率同时降低使用成本。VR 云平台的软硬件资源可根据其支持的教学点数量及开课率的变化，进行按需平滑扩容调整，而该过程不会对学校授课安排造成影响。

从技术价值的角度，本方案通过 5G 网络 +AI QoE+



▲ VR 教学效果对比调查（国内调查参考，非基于本案）

后续计划

从实际应用效果分析，该项目确实通过云 VR 教育模式提高了学生的学习兴趣和对课程知识点的吸收，达到了预期目的。为达到该目的，除了云 VR 技术和 5G 网络的支持，在教育行业的具体业务结合方面要继续深化以下几点：

- 从课程内容上，商用化的 VR 教学课件内容必须足够丰富且为现有教材量身定制，能够完全融入教学计划，达到只改革教学模式而不增加学生的课程负担的效果，才容易被学校接受。另外，还需要完善 VR 教学课件针对各地各版本教材及教纲的开发，使方案具备更大的可推广性。

- 从授课模式上，要对任课教师进行 VR 教学的培训，使其能够根据 VR 教学内容重新编排授课流程，在不增加课程长度的情况下，用 VR 课件对原有课程中的部分平面内容进行替换，以实现教学模式改革。

- 从网络和终端方面，规模化部署支持云 VR 教育平台的各边缘云计算节点（含基于 AI 的 QoE 保障能力），实现每个边缘云节点对若干个学校附近的业务能力覆盖（如 5 公里范围内），并通过云化方式实现资源共享以持续降低运营成本。此外，持续推动 VR 一体机等终端产品的 5G 产品化，进一步优化成本和性能。

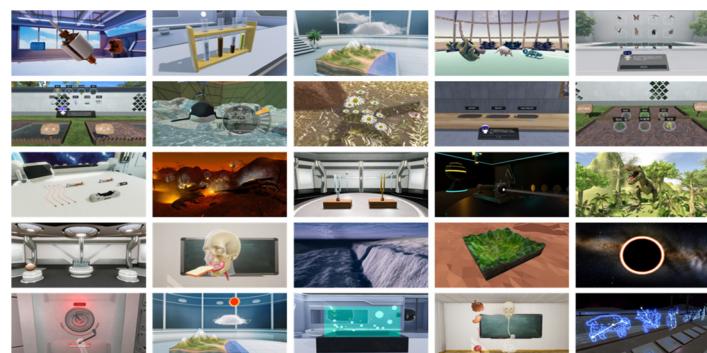
边缘计算部署，提供了云 VR 教育这种应用最适合的网络服务模式：

- 5G 网络：**VR 的全景视频流及 3D 音效等传输都要消耗大量的数据流量，无法通过 4G 网络满足，而 5G 高带宽和低时延的特性更好地满足了 VR 业务需求。配合 5G 网络优化，可提供长期稳定的大带宽连接性能，满足 VR 教室中大量 VR 设备同时运行的带宽要求，同时具备一定的移动性。

- 边缘计算：**引入边缘计算（MEC）技术，使应用内容从核心网下沉到基站侧以便用户就近访问，可满足 VR 内容传送所需的低时延及高吞吐量指标。

- QoE 优化：**创新引入 AI 进行动态带宽预测并指导 VR 云平台进行码率优化。在云端与终端之间引入人工智能技术，将降低应用对网络的依存度，通过人工智能技术根据网络环境自动调节显示质量，保证稳定质量运行。

作为创新项目，本方案在运行阶段吸引了大量学校现场观摩授课，教师普遍认为 VR 授课方式增强了对学生的内容吸引力并能提升其上课的专注度，另外，由于 VR 课件的设计贴合现有教材，教师可以提前根据 VR 内容进行教案的重新编排，因此在获得上述教学效果优化的同时，VR 教学没有额外增加学生的学习负担。



▲ 部分根据教材开发完成的小学《科学》课程示例

中国慕课大会 5G+ 超远程虚拟仿真实验



虚拟仿真实验是中国联通发布的 5G 智慧教育四大场景之一，也是 5G 技术、MEC 技术、云渲染技术、虚拟仿真技术结合最紧密的呈现。慕课大会三地超远程虚拟仿真实验，验证了在 5G 环境下多地交互实验的可能性，为高等教育虚拟仿真实验打开更广阔的空间，具有重要的商用价值。

张涌

中国联通网络技术研究院院长

合作单位

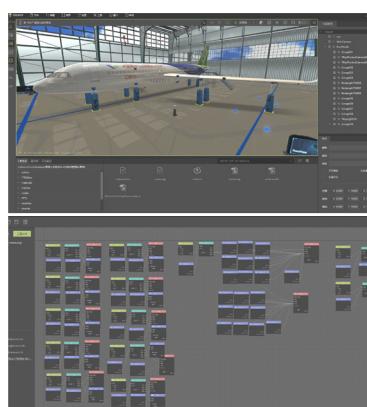


案例综述

在今年教育部中国慕课大会上，中国联通作为最重要的技术支持单位，与高等教育电子音像出版社有限公司、数字王国、平行云科技、曼恒数字、HTC、戴尔等合作单位通力合作，成功完成了北京、贵州、西安三地 5G+ 超远程虚拟仿真实验。本案例首次实现了往返 4000 多公里的 5G 超远距离通讯，网络时延控制在 38 毫秒以内。基于 5G 大带宽低时延特性，引入 MEC、云渲染等关键技术，通过软硬件全方位的支持，打破了空间和时间限制，通过 5G 技术把不同城市、不同学校的学生带到同一个实验室，共同完成虚拟仿真实验；同时在教育内容方面引入了 C919 飞机大部件拼装，将这种以前只能通过空想的教学内容形象展示出来，全面革新了现有的教育形式。



▲ 项目三个参与方地图示例



▲ C919 大飞机机翼测量及组装实验界面

行业挑战

当前，虚拟现实内容由于需要实时进行图形渲染，非 5G 网络下行业主要面临以下问题及挑战：

- 虚拟现实终端价格昂贵、设备笨重；
- 内容以本地为主，得不到高效的分发；
- 用户无轻便的渠道获取虚拟现实内容，内容厂商版权也无法得到有效保护；
- 班级里多个虚拟现实终端同时使用时，将导致带宽

需求激增。

以上挑战均制约了虚拟现实技术在教育领域的发展。通过 5G 的大带宽、低时延，将虚拟现实的渲染功能放到云端，将终端无绳化、渲染实时云化、内容统一分发，让学生能够更好的沉浸到虚拟现实教育内容中，提升学习和体验效果，同时降低技术成本，也让厂商的优质内容得到保护，进而促进整个虚拟现实教育生态链的发展。

解决方案

项目特点

5G+ 超远程虚拟仿真实验系统综合了 5G 网络、MEC 技术、云渲染技术和协同技术，可以在云端实现实时计算与渲染，在使终端设备轻量化、无线化的同时，保障流畅的交互体验。同时，引入多人协同技术，通过 5G 网络高速率实现异地多人同时在线、无延迟的展示、操作，推动多人协同需求下的虚拟装配、虚拟验证、虚拟教学、虚拟实训等教学体验，从而极大的提升了教育教学和培训效果，不仅打破了时空限制，还使优质的教学资源可以跨时空分享。在项目演示时，实现了：

- 5G+4K 超远距离影像实时交互传输；
- 北京到贵阳往返 4000 多公里，网络时延低于 38 毫秒；
- 对实时交互视频编解码和网络低延迟做了大量优化，为现场提供高质量的云 VR 体验；
- 影像和声音无线高速无损传输 3K/90hz VR，总延迟低于 15ms；
- 超大空间多个 VR HMD (head mounted display) 毫米级别精度定位；

慕课大会过程中，教师与学生共同参与的虚拟现实仿真实验需要超大带宽的网络保证。主会场共有 20 个 VR 眼镜，每个 VR 在参与实验过程中需要占用 40M 带宽，因此在主会场共需要 800Mbps 的网络总带宽。

商业价值

在虚拟仿真方面，当前已有来自 184 所高校的 296 个项目获得教育部的国家虚拟仿真实验教学项目认定。国家虚拟仿真实验教学项目就是国家级“金课”，5G+ 超远程虚拟仿真实验项目将推动国家级金课的规模化发展，将优质的教育资源辐射到全国各大高校。

本项目前期主要聚焦于行业客户，不仅包括高等教育，同样也适用于职教和 K12 教育等学校客户。其中高校 / 职教订制化内容需求明显，K12 教育的内容多可大量复用。未来，将依托于行业客户 (To B) 积累的基础之上向个人消费者用户方向 (To C) 演进，并逐步增加付费内容和广告收入比重。

在产品化方面，目前主要以定制轻量化终端（加入 5G 模组）、5G 流量包、专属云平台、通信管道、内容运营端到端平台等服务切入市场，后续将不断叠加优质内容的引入和处理作为核心竞争力，同时逐步开展内容开发和版权运营，实现多渠道商业变现。

后续计划

在目前项目达到预期效果的基础之上，接下来将集中开展以下三方面的工作：

① 扩展研发 5G+ 虚拟现实教育云平台：虚拟仿真技术可以进一步升级为包括 VR/AR、裸眼 3D、全息技术等的虚拟现实技术。5G+ 虚拟现实教育云平台将集 5G 网络、平台、内容、终端为一体：在网络层融合 5G 网络、MEC、云渲染等关键技术；在平台层提供分布式部署及多场景访问能力；在内容层吸纳全学科的优质资源；在终端层支持虚拟现实设备、手机、WEB 多终端访问。

② 深入技术和教学的融合：加强信息技术与实验教学

深度融合的规律研究，加强虚拟仿真实验教学的规律研究，并尽快研究推出覆盖 13 个学科门类、92 个专业类、630 个专业的虚拟仿真实验教学项目体系。

③ 扩大项目落地范围：将已有的国家虚拟仿真实验教学项目建设成果向西部高校、地方应用型高校进行推广。通过加强对高校教师的培训，不断提高各级各类高校、各个专业教师使用虚拟仿真技术、人工智能技术开展实验教学的能力。在项目实施的过程中，注重资源集成，做好 5G+ 虚拟仿真实验教学项目体系的分工、协作、集成工作，保护好所有项目开发者和参与者的权益。

基于 5G 技术的医院网络建设标准



互联网 + 医疗在基层医疗的发展，一定要有良好的顶层设计，出台标准后逐步往下推进。如果没有一定的规范和标准，基层各自为政，将来很难统一。该《标准》将依托前期积累的成功应用经验，并融合了医疗和通信两个不同领域专家的智慧，把 5G 和医院信息网络结合。《标准》出台后，5G 作为基层医疗信息化的基础设施，可以加速互联网 + 医疗健康建设，提升基层医疗卫生服务能力，提高老百姓就医的便利性。

聂春雷
国家卫生健康委基层卫生健康司司长

合作单位



案例综述

2019年5月，由国家远程医疗与互联网医学中心发起，联合中日友好医院等30多家省部级医院、中国医学装备协会、中国信通院、中国移动、中国电信、中国联通、华为等医疗和通信领域的单位，启动了《基于5G技术的医院网络建设标准》（以下简称：《标准》）研究，于9月4日正式启动《标准》的制定工作。《标准》计划包含三个分册：5G无线接入网、边缘计算、5G设备与模组。

10月，项目的合作医院单位增加到95家。经过分组测试验证，《标准》的5G无线接入网分册于2019年10

月19日正式发布，35家医院采用该标准完成网络建设，截止目前，已有150多家医院计划于完成网络建设。



行业挑战

中国医疗资源不平衡、基层临床诊疗能力差等问题严重制约了全民均等享受医疗卫生服务的美好愿望。建立分级诊疗制度，实现医院间互联互通，推行远程医疗、互联网诊疗、互联网医院等举措，是国家合理配置医疗资源、促进基本医疗卫生服务均等化的重要内容。

然而，通信行业与医疗行业之间存在着巨大的认知鸿沟。通信行业不了解医疗应用与服务对5G网络的具体需求，医疗行业也因为不具备通信技术基础而很难提出准确的需求描述。二级以上的医院，全国目前就有13000多家，

如果全部需要建设5G网络，仅沟通成本就难以估量。

国家远程医疗与互联网医学中心、中日友好医院等机构提出，应该针对医院5G网络建设实行标准先行，目的是为医院信息化基础设施建设提供参考和依据，以大幅加速医院5G网络和应用部署，降低医疗机构间互联合合作成本，加快医疗卫生服务均等化进程。该提议很快得到了医疗行业的响应，95家医院、中国医学装备协会，联合通信行业，启动标准研制。

解决方案

《基于 5G 技术的医院网络建设标准》瞄准整条产业链，将医院 5G 网络细分为 5G 无线接入网、边缘计算、5G 医疗模组三个部分，分三个分册分别进行描述。2019 年 10 月 19 日，先行发布了 5G 无线接入网分册，从功能、性能、安全性、可靠性、可维护性、环境友好性、可演进性等方面对 5G 网络提出要求，并且经过近百家医院与通信领域研究机构、企业联合验证。

为了满足医院根据自身需求，灵活建设网络的需求，《标准》针对典型 5G 医疗应用场景，分别制定了技术配置指标。典型 5G 医疗应用场景包括 8 大类，分别是：

影像远程诊断	信息便民
视频交互会诊	动态监护
重症监护	远程病理诊断
移动医护终端	医疗物联网

《标准》已经指导 35 家医院完成 5G 无线接入网建设，约 17% 的医生和 23% 的患者开始体验 5G 医疗应用带来的高效和便利。

根据计划，边缘计算分册、5G 医疗模组分册将分别在 2020 年 6 月和 9 月发布。边缘计算分册聚焦于规范 5G 医疗应用和智能服务平台的开发；5G 医疗模组分册将定义模组相关技术参数，为医疗设备开发打好基础。在《标准》经过规模应用的检验之后，有望成为国家卫生行业标准，在全国范围内推行。届时，全国 99 万多家医疗卫生机构均有可能按需部署 5G 医疗应用，实现全国医疗机构的互联互通与互助合作，提升医疗服务效率，使每一个病患都有机会方便的获取优质医疗服务。



经验总结

《基于 5G 技术的医院网络建设标准》接入网分册一经发布，就被 35 家医院采纳，用于院内 5G 网络建设。这不仅验证了标准的内容在医院的多场景下是恰当的，同时先行制定统一的行业标准的方式也是高效的。

《标准》的成功出台，以下三个因素起到了关键作用：

- **统一服务标准：**随着民众对医疗保健的需求日益提高，医疗资源分布不均衡、医疗成本高的问题愈加突出。现实需求推动医疗体系加强信息化基础设施建设，通过服务能力统一的 5G 网络和智能化的服务平台创新医疗服务，将打破地域限制，实现“强 – 弱”医院间的无缝衔接。患者也可在身边的医院获得远在千里之外的优质医疗服务资源，不必再“四处求医”，降低医疗服务成本；使能综合医院与专科医院间的能力互补，为患者提供全面的治疗方案，无需院间转诊，改善服务流程效率。

- **统一对话语境：**5G 的大带宽、低时延、广连接特性，配合网络切片、边缘计算等关键技术，为基于 5G 的医疗服务创新提供了前所未有的想象空间。正值 5G 技术商用伊始，通过开发《标准》来规范医疗服务创新，符合医疗行业的严谨、专业的整体诉求，避免各自为战的混乱。同时，医疗服务创新，不仅是医院和通信行业的合作，医学装备、医疗应用软件开发等诸多行业都是关键的参与者。其中最大的障碍就是行业间缺少共同语言，互相不理解需

求。《标准》的目的是统一对话语境，打破行业间沟通的藩篱。行业间、上下游、供给侧和需求方都可以对照《标准》定制所需，免除沉重的沟通成本。

- **联合专业伙伴：**《标准》项目涵盖了国家远程医疗与互联网医学中心、医学装备协会、95 家医院、中国信通院、3 家移动运营商、华为等相关单位共同组成《标准》工作委员会，联合调研、验证。合作伙伴均是各行业领域的领导者或先进代表（国家远程医疗与互联网医学中心连接着 5300 家医疗机构，30 多家省、部级医院，全球排名前十的运营商；），再加之国家卫健委对《标准》的高度肯定和支持，对《标准》的落地具有极强的行业示范效应和推动力。同时，《标准》的也对整个行业带来诸多有利因素。对于医院等医疗机构，提供普遍医疗服务是实践社会责任，通过信息化手段提升医疗服务覆盖面、服务更多患者，也为医院提升收入、提高医疗水平、提升医院等级奠定了基础。通过《标准》促进产业的信息化升级，为医疗应用软件开发、医学装备企业提供了巨大的市场空间；5G 医院网络基础设施建设，为通信行业提供了新的市场空间的同时，也提供了切入其他垂直行业的参考样本。

接下来，《标准》工作委员会将继续完成边缘计算和 5G 医疗模组两个分册的开发。



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

