



中国5G垂直行业应用案例 2022





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](https://twitter.com/GSMA)

微信公众号 : [GSMA_MWCS](https://www.gsmamw.com)

GSMA 对本次报告的主要合作单位表示感谢：



* 及多家产业伙伴，限于篇幅，在此不一一列出。

目录



前言 02

5G 城市 03

圳智慧·5G+BIM+CIM 智慧南山 06

广州地铁 5G+ 智慧地铁 11

丽水 5G 应急可视化系统项目 15

5G 城市院前急救 19



5G+ 智能制造 23

中兴通讯全球 5G 智能制造基地 25

美的集团厨热顺德 5G 全连接工厂 30

格力 5G+MEC 智慧工厂创新实践 34

绿点科技 5G 机械臂联网 38

5G 赋能——安全、绿色、智慧新广州石化 42

5G+MEC 助力马钢绿色数智化转型发展 46

柳钢 5G 智慧钢铁项目 50



5G+ 智慧矿山 55

吕梁鑫岩煤矿 5G 智慧矿山项目 57

内蒙准能集团 5G+ 智慧矿山应用实践 62

焦煤干业水泥 5G 绿色无人矿山 65

攀钢矿业 5G 远程采矿 69

中煤大海则煤矿 5G 700M&2.6G 融合组网 73

结束语 77

前言



斯寒

GSMA 大中华区总裁

2021 年是 5G 取得初步成功、迈向成熟发展的关键一年。全球各地的 5G 发展正在稳步前进，5G 已经成为历史上商用规模发展最快的移动技术。中国在 5G 基站数和 5G 连接数上领先全球步伐，5G 连接总数已达 4.8 亿。根据 GSMA 智库预测，到 2022 年底，中国的 5G 连接数将达到 6.5 亿，占全球 5G 移动连接总数 60% 以上。

5G 的历史使命是赋能千行百业，促进各行各业的数字化转型，5GtoB 的成功是 5G 价值全面展现的真正重头戏和主战场。2021 年可以说是 5GtoB 商用的元年，也是 5GtoB 规模化发展的启动之年，5GtoB 如何从“1”走向“N”，实现规模化发展成为业界关注的核心问题。5GtoB 的规模化发展，是 5GtoB 成功的必由之路，也是 5G 找到新业态和新模式的必由之路。

要实现 5GtoB 的规模化，需要对 5GtoB 应用场景进行大浪淘沙式的筛选，找到真正对 5G 有刚需的应用场景，在这些场景中，5G 不再是“可选技术”、“替代技术”或者“备份技术”，而是“优选技术”，甚至是“必选技术”。今年，我们做了一个尝试，选择了 5G 城市、智能制造和智能矿山这三个领域作为 5GtoB 规模化的突破点，对相关 5GtoB 典型应用场景进行了分析和筛选，并精选了其中的优秀应用案例向全球推广并推动规模化复制，实现相关领域信息化、自动化向数字化、智能化的转型。

《中国 5G 垂直行业应用案例 2022》联合中国运营商和技术伙伴，共汇集 16 个优秀的 5G 行业应用实践，涵盖 5G 城市、智能制造、智慧矿山等诸多领域，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：

- 5G 赋能先行示范智能城市治理以及 5G 在智能地铁、应急可视化指挥系统以及紧急医学救援指挥平台的案例和应用；
- 5G 在智能制造场景中实现智能物流、机器视觉质检、远程操控、自动巡检、柔性生产线等应用案例；
- 5G 在智能矿山项目如何应用于智能采掘与生产控制、环境监测与安全防护、无人矿卡的自动驾驶等场景。

在此我们要对所有提供案例的产业伙伴表示衷心的感谢，对他们在 5G 垂直行业应用实践中的探索和成功表示敬意。同时，也希望通过这个案例报告将 5G 在垂直行业应用的经验分享和推广给中国以及全球的同仁，希望能汇聚更多充满创新和探索精神的 5G 垂直行业应用的先行者，更快更好地在各行各业释放 5G 巨大的潜能，促进 5GtoB 的规模化发展。

5G 城市

根据世界银行数据显示，截至 2020 年底，全球城镇化率达到了 56.15%；中国的第七次人口普查也显示，截至 2020 年底，中国的城镇化率达到了 63.89%。这意味着超过一半的人都生活在城市里，人口向城市的不断聚集将带来交通拥堵、环境污染、治安情况复杂、人均资源匮乏等多方面挑战，需要城市的管理者积极引入先进的信息技术和科技手段，提升城市治理的数字化智能化水平，构建新型智慧城市。目前，5G 在全球已经得到广泛部署，5G 的基站数和用户数快速增长，然而 5G 在行业应用方面仍面临规模化难题，而 5G 在城市治理方面的应用已经呈现出百花齐放、争奇斗艳的态势，有望成为突破点，率先实现 5G 行业应用的规模化。





5G 的历史使命是赋能千行百业，促进各行各业的数字化转型，必将在 5G 城市中发挥重要作用。5G 在城市治理方面有五大主要应用领域，每个领域都有众多的应用场景：



交通运输

5G 可以应用于公共交通、交通管理、运输监督、交通枢纽、路桥维护、港航管理和出行辅助等方面。例如 5G 可以帮助智能公交车进行司机疲劳检测，抢夺方向盘事件报警，车路协同公交优先通行，到站提醒和拥挤度监测等；可以帮助地铁实现隧道和列车的安全巡检，智能云安检，闸机的人脸识别改造等；可以帮助港口进行高空吊车的远程操控，集装箱卡车的自动驾驶和远程遥控驾驶等；可以帮助交警实现交通事故的辅助分析，交通信号灯的智能调整，驾驶证的快速查验和交警执法记录仪的视频回传等。



应急公安

5G 可以应用于公安警务、应急响应、疫情防控、消防急救、灾害防治、安全生产监督等方面。例如 5G 可以用于公安部门的执法记录仪数据回传，巡逻 / 站岗机器人控制，无人机 / 无人巡逻车，案件辅助侦察等；可以用于消防救援机器人 / 无人机的远程控制，消防员智能头盔 / AR 眼镜的数据传输等；可以用于救护车上的院前急救、急救人员的 VR/AR 培训，红外热敏传感器的数据传送、流行病期间的社交距离监控等；可以用于洪水、地震、海啸、飓风、山体滑坡等自然灾害预警及应急处置，实时信息收集和推送等；可以用于燃气使用安全监督，危险品存放安全监督等。



生态环境

5G 可以应用于生态监测、垃圾清运、污染防治、绿耕保护、生物多样性保护、双碳管理、城管市容建设等方面。例如 5G 可以用于高空抛物溯源，无人船清理河道垃圾等；可以用于汽车尾气监测，工厂排污监测等；可以用于森林 / 绿地防砍伐防破坏，森林防火监测，耕地使用情况监测等；可以用于濒危动植物保护，海洋污染监测，生物多样性监测等。



民生服务

5G 可以应用于社区管理、养老助残、广播电视、文化旅游、体育娱乐、民政管理、社保医保管理、儿童救助等方面。例如 5G 可以用于社区出入口监控，电梯监控，停车管理等；可以用于老人的慢性病管理，独居老人的机器人陪护，盲人的智能眼镜导盲和书本阅读等；可以用于博物馆展品互动，旅游景点变迁展示等；可以用于体育赛事和艺术活动的多角度展示和沉浸式体验等；可以用于走失儿童搜救，老人、精神病人和残疾人防走失等。



数字政府

5G 可以应用于城市大脑、数字孪生城市、电子政务、政务公开、工商管理、海关司法、财税管理、党建干训、信访舆情等方面。例如 5G 可以用于数据快速采集，移动办公，实现一网统办、一站式服务等；可以用于生产过程监督，税务稽查等；可以用于海关进出口货物全流程监控，移动便民法庭等；可以用于政务消息发送，市民互动数字人等。

为了实现 5G 城市美好蓝图，以下五个方面的技术至关重要：



随着 5G 的发展和城市管理水平的提升，5G 城市的重要性将进一步凸显，5G 城市的愿景将逐步成为现实。为了实现 5G 城市的愿景，建议：

- ① 以人为本，持续加强 5G 深度覆盖和全场景覆盖，为市民提供多样化的 5G 应用、便利化的社会服务、均衡化的发展机会和随时随地的一致性体验，提高人们的获得感和幸福感；
- ② 发挥 5G 新型基础设施的作用，提升城市的数字化治理水平。探索 5G 与人工智能、大数据在城市治理中的综合应用，构建城市大脑、数字孪生城市等综合治理平台，在交通运输、应急公安、环境保护、市民服务、数字政府等方面构建数字化智能化 5G 城市，实现 5G 城市应用规模化复制。
- ③ 以 5G 数字化转型为契机，促进国际间城市交流与合作，共同面对交通拥堵、环境污染、公共安全和公共卫生等方面的挑战，创建数字化时代的绿色低碳 5G 城市群，构建人类命运共同体。





扫描二维码下载案例

圳智慧 · 5G+BIM+CIM 智慧南山

深圳智慧南山的成功建设，从一线城市发展较好的行政区域高处着眼；从全方位的角度，借助于 5G+ 前沿技术开展顶层规划，实现城市级的服务与治理联动；深切融合政府治理需求、民众服务需求以及产业推动需求，从广泛受众群体迫切需求低处着手；在全区域范围内从终端到网络逐一进行分布实施，最终实现城市级超大规模 5G+ 物联感知，全景立体动态呈现城市 5G 产业运行态势，重塑 5G+ 智慧城市的耦合效应。

张军 深圳市南山区政务服务数据管理局党组书记、局长

合作单位



案例综述

2018 年，南山区城市建筑三维建模数据库及应用系统项目启动，中国电信完成了南山区域 170 平方公里的三维建模；2020 年 1 月启动智慧南山城市三维数据精细化加工服务；2021 年 4 月建设完成南山圳智慧·云上城市应用服务平台。

建立城市级超大规模 5G+ 物联感知，快速对接南山区现有的“三网三平台三中心”（即城域光纤网、城域无线网、物联感知网；数据汇聚共享应用服务平台、视频汇聚共享应用服务平台、物联感知平台；数据中心、智慧城区运营和应急指挥中心、网络安全监测预警处置中心）。基础，全面支持 5G 场景应用；提供国家级安全服务体系，支持 SM1、SM2、SM3、SM4、SM9 等主流国密算法，满足信创及双活要求；支持亿级设备接入和管理，根据资源可弹性扩容；具备自主迭代升级能力，基于数字化接入，与南山区服务产业化发展高度契合。

采用 5G 融合多种技术实现城市级的服务与治理联动，通过准确、全面、实时、量化的物联数据构建城市运行生命体征指标体系，实现城市运行态势一屏统揽、城市运行体征的全局监测和智能预警。打通城市服务与治理的屏障，解决民生服务和社会治理的痛点，以 5G 技术与 5G

网络融合 AI、大数据、边缘计算、云计算等技术，驱动城市治理与民众服务的联动结合。单场景多应用智慧联动，同时赋能政府治理工作与民众服务工作，提升工作效率，提高服务温度。

全景立体动态呈现城市 5G 产业运行态势，依托云上城市 CIM 平台对现实城市的数字孪生映射，借助多维感知、实时互联的技术手段、实现对城市全局的可视化、可感知、辅助城市决策、提升城市管理体验，提高城市管理效率。CIM 平台融合多维度 5G 产业资源信息，构建城市模型对象，形成城市对象全面分析计算能力，对外提供统一标准服务，推动 5G 产业全面快速发展。



行业挑战



海量 5G 智能终端接入

城市地域广阔，场景复杂，城市的状态（如人流、交通、消费、能耗、环境、气象等）也瞬息万变，在 5G 万物互联的今天，通过建设多种感知部件及时、准确地捕捉可以反映城市状态的数据。这也将使得终端侧数量的大爆发，设备类型进一步丰富。智能感知终端接入网络的方式也会有所不同，给智能城市全场景的兼容能力构建带来挑战。



多源异构数据融合

城市中的数据多源异构，大致分为以下三类：以图像、语音和文本为代表的非结构化数据，以电子政务表格为代表的结构化数据，以地理信息和物联网数据为代表的时空数据（如交通流、人流、能耗、气象等）。这些数据体量大、更新快，且在一个智能城市的应用中往往要使用多类数据。因此，在城市状态感知之后，如何治理和管理好这些纷繁复杂的数据并有效支撑上层应用是一大挑战。



打破信息孤岛

5G 助力城市服务与治理的建设势必要要求居民、政府和企业之间的信息互通，这其中业务涉及范围广、逻辑复杂、技术门槛高，很难依靠单一机构来完成。传统的“总集成商 + 分包商”的模式很容易造成各自为政、各自基于自有产品和技术来实施的格局，最终产生信息孤岛，难以解决该问题。

解决方案和价值

将城市治理主要分为三种不同功能场景集
具体如下

5G 助力城市服务与治理场景集

面向政府治理场景集

- 具体场景
- 城市全生命周期数字孪生智能应用
 - 5G 专网建设及信息基础设施综合管理
 - “5G+ 大数据 + AI+ 物联网” 新冠肺炎疫情防控
 - “5G+AI+ 大数据” 智慧交通管理
 - 5G 无人机违章建筑治理

面向民众服务场景集

- 具体场景
- 5G 多功能智慧杆应急处理
 - 5G 机器人的城市智能服务
 - 基于 5G 消息的文旅及政务服务

面向产业带动场景集

- 具体场景
- 5G 产业链全景
 - “5G+AI” 实时客流及人流密度统计

针对这三个方面实现城市治理与服务
设计框架如下



从面向政府治理角度

通过提供端到端、全流程和全生命周期服务，赋能5G建设，利用5G作为基础通信方面的优势，带来 CIM、疫情防控、智慧交通、智慧住建等应用，辅助政府决策，提高管理效率。

从面向民众服务角度

通过 5G 高速网络稳定、低延迟的特点，提供应急救援服务、5G 无人车、5G 智能服务机器人、5G 消息推送、智慧文旅等一系列便民服务。

从面向产业推动角度

通过基础网络设施建设，传感器、摄像头、智能机器人、无人机、智能手机等设备终端，人工智能技术开发、大数据处理、云计算、边缘计算等运用，5G、4K/8K 高清视频等应用，带动上中下游产业高速发展。

01 政府治理场景集



▲ 5G 助力数字化疫情防控工作示意图

借助于深圳智慧南山将数字化防疫贯彻在新冠肺炎疫情防控过程各个环节，从数据动态汇聚到数据挖掘分析，从专家视频会商到现场实时联动，5G 网络终端的快速部署及超大带宽、低时延的优势发挥了积极作用。平台实现线上自主填报、智能搜集复工人员基本资料、健康状况等信息，为政府对企业复工审批提供辅助依据；自动校验人员近 14 天行程轨迹，经平台大数据分析综合判断，排查重点人员；针对防疫重点区域部署 5G 摄像头、NB 定位器，进行疫情监测；通过人工智能机器人自动呼叫，完成人员排查与信息采集；利用人工智能、大数据、5G 等技术，加快病毒检测诊断、监测分析和全程溯源管理。

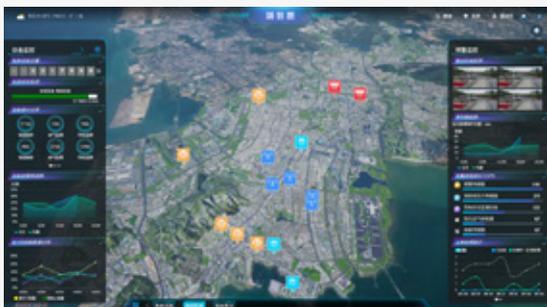
在交通治理方面，面对的场景复杂多变，5G 摄像头具有部署容易、便利的优势，结合 AI 和大数据技术，助理城市开启智慧交通管理新模式。5G 摄像头不仅可以部署在普通场所，也可部署在诸如古迹保护单位、历史建筑等受限区域，具有更易部署、更便利、以及成本更低的优势。利用 5G 高传输率、高宽带、高可靠的特性，捕捉高清、海量数据，经过 AI 和大数据分析处理之后可以提供交通智能信息，实现交通管理计划优化、管理政策制定、降低碳排放，通过事故原因分析，设计交通安全技术和管理办法。



▲ 5G 助力智慧交通治理工作示意图

在住建治理中，通常巡检违法建筑，需要投入大量人力资源和时间成本，而且容易存在死角。利用 5G 无人机，通过制定巡航巡检路线，首次飞行采集完数据信息，并建立数字模型，以后可以根据实际需要，每间隔一段时间进行一次飞行检测，通过 AI 自动算法分析，可将不同检测周期内的差异点判别出来，从而找到新增的违法搭建。同时，可利用 5G 网络高速、稳定的特点，实现高清视频实时回传、播放，进行辅助人工检查。5G 无人机巡查效率高、成本低，20 分钟时间就可以完成一平方公里内的巡查工作。

02 民众服务场景集



▲ 5G 多功能智能杆为民众提供服务场景示意图

借助于 5G 边防巡检、5G 多功能智慧杆，360 度全景直播设备，5G 摄像头，通过与区域监控内视频联动，并结合利用 AI 技术，实现无人值守海面溺水、火灾、越界等预警，当遇到溺水事故、火灾、以及游客越过红线可能破坏古迹景观行为时，自动触发多级报警，广播驱离或联动救援。发生事故时，可以通过人脸识别获取救援和救生设备，后台完整记录设备使用情况和救援过程，相比较传统的救援船只类装备，智能水上救援机器人更便携、灵巧，极大提升了救援速度，同时也降低了救援人员自身风险。做到真正快速、安全、高效的水域救援。通过 5G 广播设备与 5G 视频联动，对重点区域进行远程告警，也可进行广告宣传、紧急疏散等功能应用。除此之外，5G 多功能灯杆上还安装了 5G 微基站、WIFI6 便民热点、AED 除颤仪、气象监测模块等，实现功能的最大化。

5G 智能服务机器人，具备语音交互、对话问答、人脸识别、语义理解、环境感知、自主定位导航等功能。机器人带 LED 宣传屏，可在各区域内宣传党群建设、党史、防疫、垃圾分类等知识；带游览功能，部署在景区，游客可以通过与机器人互动，获取景区景点信息及推荐路线。机器人还带垃圾桶，方便行人将垃圾丢入，保持城市卫生整洁。



▲ 5G 智能服务机器人为民众提供服务场景示意图



▲ 5G 消息为民众提供服务场景示意图

“5G+”服务，通过 5G 覆盖，围绕企业人才、社区居民，实现智慧赋能。在文旅服务领域，提供自动拍照一体机（5G 消息实时推送）、虚拟讲解、人文宣传大屏、三维导览服务；在政务服务领域，通过主动推送的 5G 消息，让群众突破空间、时间的限制，无论何时、何地，只要有 5G 网络，直接打开手机短信箱就能享受到政务服务公众号、小程序的全部查询、咨询、预约、办事、取号等服务，全过程免下载、免关注、免注册、免登陆等，足不出户办理 500 余项政务服务事项。



“5G 智慧无人车”以 L4 级无人驾驶车为基础，通过稳定、低延迟的 5G 高速网络，形成具备智慧服务能力的车规级平台。投放后，免费为广大市民和游客提供爱心餐饮、急救药品、口罩、酒精、防蚊虫药品等便民服务。无人车具备 24 小时不间断运行能力，招手即停，扫码取用。“5G 智慧服务车”还可以作为移动宣传站，进行党群建设、防疫知识、极端天气宣传告知。同时，作为无感视频采集点，实时连接游客、车辆、道路、交通数据，为城市治理提供更有用的数据。

通过“人+景”的明星式跟拍 5G+Vlog，打造景区文化载体，激发游客分享乐趣，提升景区曝光度。以游客为中心，定制高帧率摄像机，自动捕捉游玩片段，支持美颜、背景虚化等算法能力，自动曝光、聚焦游客，打造“最美的自己”，生成专属游记。定制摄像头适用于不同场景录制，支持动物识别、延迟摄影、夜景拍摄、广角摄影等，自动精选片段，生成景区最佳时刻集，实现每人一景、每日一景。边缘一体机本地拉取视频流，搭载定制识别算法，结合景区主题模板，可实现快速剪辑多镜头视频流，支持游客通过 5G 消息接收下载。



经验总结与后续计划

南山区打造的智慧城市重塑了 5G+ 智慧城市的耦合效应，实现服务全程全时、城市治理高效有序、数据开放共融共享、经济发展绿色开源，形成了智慧城市 4.0 建设方法论，根据不同城市的规模、治理需求、建设痛点、预算规模、产业分布等情况打造 5G+ 智慧城市的定制化建设新模式。使得全国范围内不仅仅是一线城市，还有二三线城市的各类型行政区域都可以快速启动 5G+ 智慧城市的建设。

利用 5G 与大数据、人工智能、物联网、云计算等新一代信息技术的融合发展，串联起“端-边-云”分级智能场景，赋能城市一体智慧：5G+AIoT 开启万物智联，带来海量数据；5G+MEC 构建边缘智能，催生城市感知与城市智能的无缝连接；5G+IOC 实现中心智能，推动数据流通共享与交互协同，创造价值，孵化出各种创新应用。从而促成城市管理和服务方式上的变革，节约大量人力、

物力、财力，提升管效率的同时，降低成本。在 5G 网络的加持下，智慧城市的应用场景愈发丰富，智慧社区、智慧交通、智慧文旅等细分应用场景覆盖民众生活各方面；对 5G 网络采用切片技术和边缘技术，让服务内容更贴近用户需求、定制化能力进一步提升、网络与业务深度融合以及服务更友好，进而提升居民对“智慧城市”的感知度和对服务的满意度。此外，采用集成式、集约式建设可规避一些不必要的、需求重叠的服务信息化建设内容，减少不必要的重复投资；未来智慧城市应用也可依托于本项目的建设成果和信息化基础设施，进行增量建设或应用扩展，既保护原有投资，又可节省共性需求的工程建设支出。

以 5G 深圳智慧南山项目作为先行示范，可落地实践和验证数字孪生城市体系建设，建立起可复制、可推广的 5G 助力城市服务与治理建设的“样板工程”。



扫描二维码下载案例

广州地铁 5G+ 智慧地铁

“ 5G 技术推动城市轨道交通行业内传统的多层、复杂、固定网络向扁平、轻量、可更新迭代架构转型，促进传统行业的数字化发展。一是 5G 网络的高可靠特性，使列车对运行环境和自身运行状态感知更加丰富，提升地铁运营。二是 5G 网络的广连接特性，搭建城市轨道交通线网各线路全局资源可视化调度系统，实时监测客、车运行状态，提升运营管理效率。三是 5G 网络的大带宽特性衍生新的客服载体，市民可在地铁出行全链条中通过线上、线下多渠道获取及时、精准、丰富的运输场景服务，提升乘客出行体验。

蔡昌俊 广州地铁集团副总经理

合作单位



案例综述

地铁交通具有大容量、集约高效、节能环保等突出优点，是大城市公共交通系统的骨干，也是城市综合交通运输体系的重要组成部分，对城市发展起着支撑和引领作用。广州地铁是中国大陆第三大城市广州市的城市轨道交通系统，承担了广州市超过 44% 的公交客流运送任务。截至 2021 年 9 月，广州地铁运营里程为 590 千米，位列中国内地第三名，最高日客运量达 1156.94 万人次。

广州地铁与中国移动、中兴通讯联合合作伙伴开展

了面向广州地铁 5G 新专网性能优化，打造了泛在互联、全息感知的安全、精准、协同、绿色地铁服务体系。基于 5G 先进的网络技术，结合地铁车站实际服务需求，部署了多个 5G+ 智慧应用，使得站场运营效率明显提升，地铁运营管理更加方便，乘客满意度进一步提高。

广州地铁验证了 5G 专享网络对地铁多业务的融合承载能力。





行业挑战

当前城市轨道交通智慧地铁建设与运营过程中面临诸多痛点：



系统复杂

有车辆、供电、通信、信号、给排水、采暖通风及空调等十余个系统，每个系统又有众多的子系统，设备型号与系统制式繁杂，各型终端及设备节点的数量庞大；管理集成化程度低：各项机电系统、通信系统等均有各自的管理运维模式，运营存在智能化低、人力密集、响应缓慢等问题。提高运营管理水平已是当务之急。



网络灵活性不足

目前车站各子系统的终端和服务器之间通过有线固定网络进行连接，综合布线的难度和成本都很高，同时存在运维工作的机动灵活性差、应急处理响应速度慢的问题。



车载数据回传实时性 / 可靠性差

车载设备有大量在线监测数据需要回传，因现有车地无线技术传输带宽不足、传输可靠性以及抗干扰能力差，实际应用时主要依靠低效的人工拷贝，急需高效的实时自动回传。

解决方案和价值

该项目结合地铁实际业务需求，基于定制优化的 5G 网络和多云平台架构能力，在地铁典型场景下引入一系列融合创新应用，有效提升地铁站场及内部管理效能。

技术方面

1

5G 专网性能增强和优化

采用双网 CA 协同，满足多路视频回传，多普勒频偏检测及补偿算法、超级小区技术可保障 160 公里 / 小时高速行驶下高性能网络，采用差异化隧道覆盖，上行速率高达 750Mbps。

2

多层级行业云网方案

分层分级，精细管理：客户业务差异化需求，云网方案精准匹配；安全隔离，有效防控：“数据不出站”，端到端隔离；轻量分流，灵活部署：与基站共部署，即插即用，无需事先工勘。

3

5G 室内定位技术的创新

基于自研 UTDOA 算法，5G 室内定位可支持定位精度在 2m。

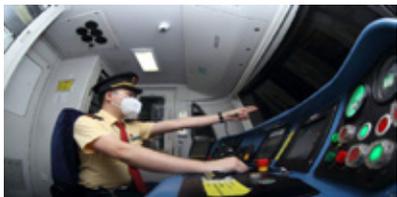
应用方面

01 全国首台地铁 5G 原生列车

针对目前 D 型最快地铁列车，创新设计全频段专用 5G 接收天线及 5G TAU 车载终端，实现“新车出厂即 5G”，满足轨交防震、防火、抗风的环境设计，为客户带来高增益，更好地支撑列车数据监控平台。

02 5G 车地无线方案

打造车地无线方案综合承载行车安全控制监测、运行管理、乘客服务等业务，实现安全防护能力提升、运维效率提高、服务体验增强。此方案优势表现为：



▲ 安全防护从被动式，到主动式



▲ 视频从离线，到智能在线



▲ 服务从以列车运行为中心，到以乘客为中心

03 物理隧道全面升级“隧道数字化感知”

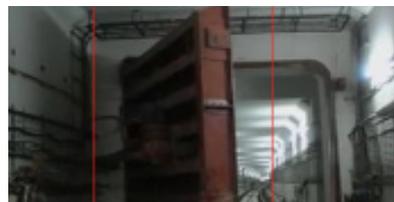
对地铁物理隧道进行 5G 化改造，实现从列车驾驶室及监控中心可以实时感知隧道状态，提升行车安全及线网管控，加快全自动无人驾驶，可实现隧道数字感知应用：轨道积水识别、异物掉落识别、人防门入侵监控、隧道壁挂箱异常监测、疏散平台人员检测、环境监测；



▲ 轨道积水识别



▲ 异物掉落识别



▲ 人防门入侵监控



▲ 隧道壁挂箱异常监测



▲ 疏散平台人员检测



▲ 环境监测

04 创新型智慧地铁应用

联合合作伙伴基于 5G SA 环境，在地铁车站提供部署多项运营管理以及乘客出行服务：



5G+ 人脸识别智慧闸机

利用 5G 网络高带宽、低时延、无需额外布线等特性，对地铁闸机进行智能化改造，实现人脸识别过闸，大幅提升通行效率。



5G+ 地铁智能客服系统

基于5G网络和5G CPE部署移动式电子引导屏、智能客服服务机、人脸识别闸机、智能安检机、有害气体传感器。

5G+ 智慧安检进站

通过5G网络将安检子系统中X光安检机的数据等信息实时回传监控后台，让后台指挥调度人员可以统筹整个地铁站所有出入口的X光机安检数据，快速定位危险物品及危险人员；乘客在进站时遇到问题时，可通过5G无线网络与后台监控中心管理人员进行通话，无需专门安排人员到边门提供相关协助，从而大幅减少地铁服务人员工作量。



5G+ 高清视频监控

通过5G网络连接站内高清视频监控摄像头，利用后台视频AI分析能力，实现乘客客流分析、异常行为分析、人流疏散调度指挥等多种场景应用。



5G+ 室内高精度定位

基于5G Qcell+MEC融合的高精度室内定位应用利用开放API接口，与第三方应用对接，基于自研UTDOA算法，5G室内定位可支持定位精度在2m以内，为乘客提供精准的室内导航、信息推送、站内导航等位置服务。

05 地铁智能运维

通过5G海量采集列车运行数据，融合AI智能分析，由被动运维变主动运维，降本增效。车辆状态5G实时回传，海量数据采集；由被动运维变主动运维，及时介入，提前预警；由以往的固定修变成按需修，降低维修成本。

经济效益价值

目前该广州地铁项目中人、车、运行环境、设备、指挥调度之间在线数据以前所未有的广度、深度与速度进行交互与共享，在提高行车安全和运能效率的同时，节省了地铁运营成本。广州地铁5G+智慧地铁模式可逐渐复制推至全国，通过在地铁行业的深度融合与示范普及，5G产业本身的经济效益同步大幅增长。

社会效益价值

通过面向地铁行业的5G技术研究，推进多种无线网络覆盖组网、云边端资源协同管理等方面与地铁行业应用的融合。提高城市交通便捷能力，促进传统行业数字化发展，打造高端、智能的产业新生态，引领城市轨道交通高质量发展。

经验总结与后续计划

后续，依托广州地铁，通过专网专用、边缘计算、网络切片、泛在融合等新型网络共性技术，将提高典型行业系统构建及应用过程中系统的灵活性、可扩展性和弹性。围绕科技部组织的国家重点研发计划“宽带通信和新型网络”重点专项，以示范工程为抓手，不断挖掘创新成果，将建立完善的地铁场景5G设备节能体系，满足国家节能减排要求，推动技术突破。



扫描二维码下载案例

丽水 5G 应急可视化系统项目

“ 丽水市是浙江省地域面积最大的设区市，素有“九山半水半分田”之称，各类灾害种类多、分布广、频率高、损失重。可视化系统是快速处置各类突发事件的基础，更是科学决策，指挥调度的重要保障。丽水市 5G 应急可视化系统基于民生需求出发，围绕应急管理局需求打造的结合云、管、端综合实战平台，结合 5G 网络，5G 移动方舱，卫星通信系统，融合通信可视化调度系统等能力，开发灾害预警，远程搜救，实时指挥，全时空、全气候保障等核心功能。将预警时间提前、搜救范围扩大。为最小化减少民众损失提供可能，为重大决策提供依据，实现灾害自动监测预警、高效救援的防治救灾一体化。

杨金跃 丽水市应急管理局局长

合作单位

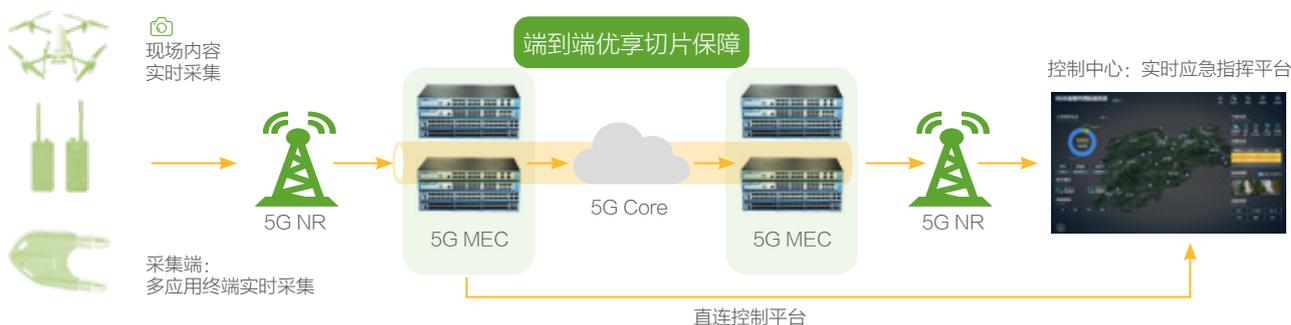


案例综述

丽水是我省自然灾害易发频发区域，在汛期，小流域山洪、地质灾害等次生灾害呈易发、多发态势。中国移动联合丽水市大数据局、中科院山地所、浙江省第一地质大队以及爱立信、点创公司积极开展合作。根据应急管理部《应急指挥视频调度系统地方建设任务书》要求，结合浙江省应急管理工作实际情况，充分利用视联网、4G/5G 无线通信网、卫星通信等各类传输资源，部署现场可视化移动采集设备，通过浙江移动千里眼视频平台和视联网平台的堵截，实现全省各级应急管理部门对事故灾害现场应急救援视频双向可视化指挥调度。

本项目将 5G 能力应用于小流域自然灾害的监测预警和应急处置，通过 5G 网络、网络切片以及边缘计算技

术赋能系统设备，搭建基于 5G 的融合通信平台，将物联网传感器、各类单兵、布控球、无人机等可视化移动前端以及卫星通信、5G 方舱等通信管道进行融合，对小流域场景重点灾害进展实时监测；基于 5G+AI 大数据分析，结合中科院对于小流域场景下的山洪、滑坡、崩塌、溃坝、泥石流 5 大类灾害预警模型，实现对全市小流域灾害的精准预警；将 5G 消息应用于应急避险路线广播及视频分发，有效避免信息滞后；通过 5G 无人机进行全景视频回传，红外探测设备实现人员搜救，并通过无人机进行高空喊话，与无人船及无人救生圈组成天地空一体救生系统实现自动人员搜救，组成基于 5G 的全闭环自然灾害综合管控系统，实现实时的灾害预警及指挥。



行业挑战

我国饱受自然灾害的各项挑战，每年带来是经济损失超万亿。面对不同类型的自然灾害综合防治，当前存在以下痛点。

灾害预测不准确

当前各业务部门都有线条下建设的各类预警处置业务平台，但是在水土两大业务部门的灾害预警基本都是以区县为单位，无法精准预警，防灾救灾缺乏明确目标，工作难度大。

数据孤岛不共享

对于自然灾害的监测和预警，水、土、气等业务部门，其实都从各位业务的维度，建设了不少监测系统和预警系统，但是各部门之间的数据缺乏共享，业务系统缺乏联动。

灾害发生看不见

面对突发的自然灾害，以应急为主的政府救灾部门及领导，希望第一时间了解现状灾害情况。目前缺乏灵活有效的快速响应工具，实时全方位的将现场情况回传至指挥中心，指挥中心的决策缺乏现场数据的有效支撑。

转移逃生不及时

自然灾害一般都具有突发性，同时也会伴随一些次生灾害，普通群众，很难及时发现并准确判断。这就导致受灾群众在面对突发自然灾害时，很难及时反映，高效撤离。



▲ 森林火灾发生时画面



▲ 5G 应急可视化指挥系统驾驶舱画面

解决方案和价值

针对当前国内小流域场景偏多，洪涝灾害高发且应急疏散不及时等痛点，创新性满足国家应急办一体双向互动的应急指挥现场可视化调度体系建设需求，在浙江省应急厅的指导下，丽水移动率先与丽水市应急管理局合作，通过 5G 应急可视化系统确保应急救援指挥上下联动、横向协同、扁平高效、随遇接入，实现救援现场视频指挥、快速调度和宽窄带无线通信保障等功能，按照“定向覆盖、全时可用、优先管控”需求，以 5G 大带宽，高可用性，低时延支撑 5G 应急可视化系统系统的管理和使用。



项目的主要技术应用

01 全国首台地铁 5G 原生列车

通过 5G 端到端网络切片将网络资源灵活分配，网络能力按需组合，基于一个 5G 网络虚拟出多个具备不同特性的逻辑子网。可以实现业务的高可靠性、高安全性和服务 SLA 的保障，使无人机和无人救生艇远程控制得以保障。通过 L4 的切片等级对于无人机及无人救生圈的超视距控制进行保障，确保控制的安全性和稳定性。为实现小流域的有效覆盖。

02 边缘计算技术应用

考虑到无人机远程控制超低时延需求，以及高清视频回传实时处理，城市级边缘计算为以城市为单位部署的基于 5G 的全闭环自然灾害综合管控系统提供了有力的保障。边缘计算支持数据本地处理，大流量业务本地卸载可以减轻回传压力，有效降低成本。

03 多种类 5G 终端应用

如单兵终端、布控球，5G 摄像头等。整个项目监测仪器埋设安装后，通过 5G 将数据无线传输至后方监测管理中心站，并由中心站实现统一管理。该系统层次分层、结构简单、运行高效、方便维护、利于管理。



▲ 项目 5G 终端实例图

04 5G 无人机及 5G 无人救生圈实时救援

5G 无人机进行全景视频直播，热红外探测设备实现人员搜救，并通过无人机进行高空喊话等，搜索到被困人员后，相关位置信息实时回传平台后，远程控制就近无人救生圈进行远程控制实时救助。救生圈系统包含救生圈、信号通信模块和高清红外视频模块。船体正反两用，抗风、抗浪性强，防滑把手与防滑表面可避免落水人员返航途中滑落水中，推进器防误伤设计，保障人员人身安全。

05 5G 实时三维建模应急指挥平台

在全省率先采用“5G 无人机 + 三维全景地图”技术，基于 5G 网络实现对灾情险情点位，前端无人机边开展自动倾斜摄影，后端引擎边三维建模。结合监测信息、预警信息、灾害信息、资源信息进行可视化标记，直观呈现隐患点位灾前全貌和村情村况，丰富应急指挥“一张图”。本系统整合前端收集信息，综合智能判断并显示在省市中心大屏。通过综合平台可有效实现省级领导专家对灾害实时指导及防控，有效支持现场指挥。

06 5G RCS 消息的应急通信应用

根据平台大数据智能分析提供的逃生路线，以及 5G 的精准定位能力，通过 5G RCS 消息为受困人员自动分配



▲ 项目无人机搜救实例图



下发逃生路线。第一时间精准通知受灾群众,开展有效撤离。同时结合“安全码”技术和避灾点监控智能分析,实现受灾群众撤离情况全掌握。

本项目实现灾害自动监测预警、高效救援的防治救灾一体化,推广到全省以及全国对百姓生命财产安全威胁较大其他自然灾害隐患区,可做到积极减灾、主动防灾,切实保障人民群众生命财产安全。经过一年时间的运行,“5G 应急可视化系统”项目达到了预期目标,根据山洪、滑坡、泥石流、崩塌等不同风险类型,制定标准化、套餐化的设备规格及备选方案,按照“1+30+200+X”的布点规划,分批建设覆盖全市域的实时监测网络。以市域全覆盖为目标,分步推进,直至 973 条小流域均在监测预警范围。

本项目结合 5G 通信网络的特点,设计了该系统定位为自然灾害多灾种预警、多业务协同的决策和指挥调度辅助系统,通过监测体系布局、分析模型搭建、多渠道多形式预警,实现“监测—分析—预警—评价”小闭环,将小流域预警信息作为启动应急处置闭环的触发因素,嵌入后形成“小流域灾害预警+应急处置”大闭环,结合倾斜摄

影三维呈现预案内容,辅助决策更直观。能够显著提高救灾系统的工作效率,拓展救灾系统的适用范围,有效降低灾害导致的人员和财产损失,属于智慧城市的刚需型产品。智能预警救灾系统有效利用了 5G 通信网络和现有救灾体系的资源,可以根据不同应用场景不同地形条件进行模块级插件式定制,在产品功能和价格方面能够满足市场典型用户的需求。



经验总结与后续计划

本项目提出的 5G 应急可视化系统提供软硬件一体化的产品形态。针对软件部分,采用业界主流的模块化软件开发方式,开发服务端软件和客户端软件,支持根据不同应用场景进行模块级插件式定制,支持适配标准通用服务器和定制服务器,所涉及的原材料市场、物流、工艺设备、人力资源等均有成熟的商业模式,评估具备规模化生产条件。针对硬件部分,在对不同点位不同应用场景的实地考察基础上,根据其场景特殊性定制小流域点位的设备,所有设备均向业界主流厂商进行批量采购以降低成本,所涉及的原材料市场、物流、工艺设备、人力资源等均有成熟的商业模式,评估具备规模化生产条件。

本项目基于 5G,支持根据不同应用场景进行模块级插件式定制,支持部署在标准通用服务器和定制服务器,具备快速部署和快速迭代升级能力,采用 5G 切片技术与传感器、救灾设备建立 5G 传感专网切片,实现覆盖区域内各种类型预警和救灾设备的有效联动。产品形态反应更加迅速,设备更加智能。可适用于长江沿岸、以及地质灾害频发地区,具有清晰广阔的应用前景。

该系统将 5G 创新性地结合到应急救援中,相关设备的结合具有独创性,无人船及无人救生圈在国内市占率达 80% 以上,在续航,体积,5G 集成能力上均占优。

本项目解决了当前的应急产业存在数字化自动化程度

低,响应速度慢等问题,市场前景广阔,本项目为轻量级边缘侧救灾系统,基于 5G 通信网络和人工智能技术构建,具有很强的产品竞争力。

本系统包括应急指挥平台,专用前端设备如 5G 无人机、5G 无人救生圈、5G 摄像头,不仅可用于小流域灾害应急指挥,还可用于其它智慧城市应急场景如火灾应急指挥,城市监控管理等,拓展范围大市场面广阔。本项目已在横向领域大规模复制推广,公安领域 5G 云天网采用 5G 可视化相同模式,依托 5G 大带宽、高速率、广连接网络特性,5G 车载布控球实时回传车辆画面、5G 高空球机高清画面实时回传、5G 临时点位 5 分钟在线布控,另外 5G 无人机、5G 通信车协助安保工作,云天网打造高中低三维全程安保可视监控体系,实现重大活动 5G 全程可视化安保,目前已先后在丽水景宁全国农村提升大会、丽水缙云皇帝祭祀两次国家大会中实现 5G 全程可视化安保活动,实现浙江省首例可复制 5G 重保活动。消防领域 5G 智慧消防搭建 5G 消防专网平台,通过 5G 网络快速回传技术,实时回传前端采集数据,后端进行实时分析、智能预警,远程指挥,打造莲都智慧消防平台,有效提升高层住宅消防综合应急救援能力及火灾防范能力,有效地减少火灾危害,保障人民群众生命财产安全。



5G 城市院前急救

“广州移动已建成 5G 基站 1.6 万个，站址数量全国第一，推动 5G 融百业，扬帆慧万企。我们致力打造 5G+ 城市级院前急救示范项目，擎动大湾区、引领全国，为生命争分夺秒，让急救零距离零等待。”

赖建军 中国移动通信集团广东有限公司广州分公司副总经理

合作单位



案例综述

2020 年广州市急救医疗指挥中心（以下简称广州 120）、中国移动等单位联合在广州打造“基于 5G 的城市级院前急救创新示范项目”，本项目立足于广州 120 能够统筹全市 140 家医疗机构的既有区域指挥优势，采用信息化的手段将医疗救治资源前置，借助 5G 大带宽、低时延、广连接的优势，以 5G+ 交互式视频能力为核心，将 5G 和远程超高清多学科会诊、生命体征实时回传能力相结合，建设一张 5G 城市急救专网，一个 5G+ 院前急救平台，穿越 N 个应用场景重塑院前急救流程，前置医疗救治资源，填补信息盲区，解决因信息缺失造成的病患自救不力、医护准备不及时、院前院内交接不畅等问题，实现“急救零等待”，确保院前急救工作更加高效，院前、院内衔接更加流畅，提高院前院中医疗急救一体化服务能力，为患者黄金急救时间窗口内争取到更多有效的急救时间，提高患者的救治成功率。

系统涵盖了广州 120 已建设的 120 调度指挥系统、电子病历系统、呼叫定位系统等，计划新建设 5G 城市急救专网、5G+ 院前急救平台，包含 5G 急救指导系统、5G 新消息系统、VOLTE 视频系统、5G 急救车载会诊系统、5G 应急联动指挥调度系统、志愿者寻呼系统、AED 资源管理系统，并开展 400 台急救车的 5G 化改造。



广州 120 调度员开展远程的调度工作



2020 年 12 月广州马拉松，广州 120 李双明主任在总部指挥中心指挥救治



行业挑战

120 的急救医疗救治工作，是对人民生命权力的保障，是时刻与病情争分夺秒的战斗。当前仍存在以下痛点：

14 分钟的急救空窗期和信息盲区制约急危重症病患的生命抢救



从病患报警开始，急救车到达病患现场，平均用时为 14 分钟。常见危急重症，如心脏骤停、气道异物、严重烧伤等黄金抢救时间为病发后 4 分钟。传统的 120 电话接警手段，无法有效采集病患即时病理状态，导致急救存在空窗期和信息盲区，无法有针对性的开展病患的自救互救的指导工作；无法开展随车医生、院内医生的抢救准备工作，严重制约了急危重症病患的生命抢救效果，影响了生命救治的效率。

传统院前院内信息衔接不畅，无法前置优质的院内医疗资源



现阶段院前院内关于病患的电子病历、病理信息、挂号系统均还存在一定程度的交互瓶颈，相关诊疗信息未能与医疗机构形成实时互通互享，无法将院内优质的医疗资源及时运用于院前急救过程中。

传统的通话技术无法满足即时高效的视频会诊要求



传统的急救医疗指挥中心借助语音话务接入的方式和 120 接线人员进行沟通的模式已经不能满足现在需求。当前国内的视频互动平台，已初具规模，技术成熟，在娱乐类、教育类市场的直播录播等形式已得到了广泛的使用。政府公益类企事业单位还处于空白市场。本次应用的产品适用于 120 指挥调度、各类型医院、各类型具有视频交互采集信息的警情类单位（如：110、119、122 等），适用于各类有视频交互的客服类企业，市场需求较大，推广应用前景广阔。

解决方案和价值

针对在急救工作场景中，对生命抢救过程中时间资源争取的痛点、难点，5G 技术的出现，通过用“信息填补时空窗”，“用信息换时间”的想法得到了有力的支撑。本项目以 5G+ 视频交互技术核心，结合大数据分析、网络切片等技术，连通 120 指挥中心、第一目击者、志愿者、随车医生、院内医生、医疗官、病患家属等多方的视频。通过 5G 新消息（RCS），提供救援任务发布、AED 资源定位与发布、救援视频指导、病患身份信息与家属签名等功能，打破信息孤岛，便于患者自救以及医院及时做好抢救准备，指导路途中的救治，前置院内优质的医疗资源，实现信息共享和协同互动，缩短反应时间，提高抢救成功率。

解决方案

01 系统架构

利用 5G、物联网、云计算、大数据和人工智能等现代信息技术，打造“1+1+N”的 5G+ 城市级院前急救联合创新示范项目。

1+1+N



建立一张覆盖广州的 5G 医疗急救专网，拉通从“广州 120 - 医院 - 救护车 - 医护人员 - 医疗设备”的多层次

网络连接，实现“呼救即救治”的精准医疗急救。

搭建一个 5G+ 院前急救平台，建设共享互通的信息平台，实现不同的业务应用场景下的共享互通、融合协同支撑各场景间的业务协同与操作的基础。

建立 N 个院前急救应用场景，重点围绕呼叫受理、任务调度、院前转运、院前急救、院内衔接和院内急救等 N 个不同场景，重塑院前急救流程，前置医疗救治资源。实现将 120 急救相关信息、病患的现场信息、救护车位置信息、救护车内情况和车载医疗设备的检查结果数据实时共享给医疗救治官、社会救援志愿者、院内急诊 ICU 医生等救援人员，通过救援人员实时指导抢救，实现“急救零等待”。

5G+ 院前急救平台

急救指挥场景



广州市
120 急救医疗指挥中心
紧急医学救援指挥中心



各区县
120 急救医疗指挥中心

应用软件系统

疫情防控管理系统	突发事件紧急救援系统	急救管理培训系统
120 指挥调度系统	手机呼入定位系统	AEC 资源管理系统
急救电子病历系统	5G 急救指导系统	车载调度系统
	志愿者寻呼系统	

急救医疗场景



基础设施和服务

疫情防控急救终端	5G 急救车载会诊系统	VOLTE 视频系统
分中心标准化建设	5G 应急联动指挥调度系统	5G 消息系统

网络传输服务



5G 城市应急救治专网



已建在用系统 本项目新增（已建） 本项目计划新增（待建）

02 网络

通过网络切片、边缘计算等关键技术，构建一张全域连续覆盖、高速率、低延时、广连接、定制化、安全可靠的 5G 城市级应急救治专网，拉通从“120 指挥中心 - 数智化业务中台 - 医院 - 救护车 - 医护人员 - 医疗设备”的多层次网络连接。

03 技术方案

1 5G+ 院前急救平台

包括 5G 急救指导系统、5G 新消息系统、VOLTE 视频系统、5G 急救车载会议系统、5G 应急联动指挥调度系统、志愿者寻呼系统、AED 资源管理系统。实现将 120 急救相关信息、病患的现场信息、救护车位置信息、救护车车内情况和车载医疗设备的检查结果数据实时共享给医疗救治官、社会救援志愿者、院内急诊 ICU 医生等救援人员，确保院前急救工作更加高效，院前、院内衔接更加流畅，提高院前院中医疗急救一体化服务能力，为患者黄金急救时间窗口内争取到更多有效的急救时间，提高患者的救治成功率。

2 5G 急救车改造建设

通过对急救车进行 5G 化改造建设，增设多学科会诊仪、车间摄像头、定制化开发适配管理软件，进行心电图监护仪、超声、呼吸机等医疗设备系统通过 5G 网络，实现患者在急救车上的检查信息与医院内的实时互通，帮助进行病人诊断和抢救方案。可实现常规生命体征数据传输、心电图数据传输、多参监护仪数据传输、其他检验检查数据传输等。

03 项目特色

1 技术创新

以 5G 专网、大数据、物联网、定位和人工智能为代表的智慧医疗技术应用模式进行创新和验证。面向院前急救质量管理的智慧医疗技术，采用院前急救质量测度、院前急救决策支持与单病种临床路径相结合的方法，显著优化院前急救服务流程，并在此技术基础上，形成可快速交付的信息化解决方案和比较完整的产品线生态。

2 管理模式创新

以信息化整体规划设计、质量管理、运营管理和患者安全为切入点，对院前急救场景下智慧医疗进行管理模式的创新：

一是智能化的院前急救过程质量管理模式。基于 5G+ 视频交互、智能急救移动设备和医疗信息集成技术，实现“院前急救质量测度 + 院前急救决策支持 = 院前急救抢救质量

改进”模式的有效落地，避免了以数据表单填报为特点的传统质量管理信息化方式对院前急救工作的干扰，在 5R 原则下用最小侵入的方式实现精准化的医疗行为干预和过程化的质量控制，切实提高有明确“时间窗”的单病种急救路径和临床指南的依从性。

二是智能化的院前院内急救多学科协作运营管理模式。将 5G+ 视频交互、智能急救移动设备和医疗信息集成技术与急诊绿色通道管理模式结合，实现兼顾客观性和基于患者个体化病情进行主观判断的精细化的临床业务流程监控，并在此基础上设计绿道运营考核指标和提醒机制，从而为解决长期困扰急诊医学的院前院内多学科、多部门协调和协作的管理难题提供契机，将原有的串行流程并行化，推动以患者为中心的院前急救管理模式的真正落地。

商业价值

广州 120 可直接指挥调度广州地区 140 家医院的院前医疗急救资源，一线急救人员超 2000 人，可调度救护车超 400 辆，具备成熟的特大城市区域急救体系，已稳定运行超过 30 年，累计受理市民呼救 2200 余万次，派出救护车 280 余万次，是国内规模最大的指挥型急救中心，具有试点应用的规模与组织示范的能力。2021 年统计全国共有 120 指挥中心、医疗机构合计约 102 万个，急救车约 132 万辆，年开展院前急救约 4 亿次案件，具有信息化系统建设的规模效应。基于此若 5G 院前急救平台能规模性应用于全国的 120 指挥中心或各级医疗机构，预估市场规模超过 200 亿元；

目前全国 120 年接受案件约 4 亿件，通过 5G+ 视频新技术的规模化应用，必然会改变 120 指挥中心、医疗机构的现有的工作流程，促进提升院前院内急救的工作流程、工作标准、工作质量、服务方式等一系列的发展。而规模化的市场发展，将有利于促进基础运营商进行 5G 公共网络的成本分摊，5G 专网的建设投资；5G+ 交互式音视频技术，VOLTE 技术、5G 新消息等功能的使用，能有效引导相关的软件、硬件厂家进行研发投资、市场拓展。

未来 5G 院前急救平台将覆盖整个广州，并在全国复制推广。

经验总结与后续计划

本项目成功探索了 5G+ 院前急诊急救一体化平台应用价值，紧密结合当前广州 120 医疗急救的院前院内工作场景进行研发，充分发挥中国移动网络优势，建立以移动为主，医院、运营商、设备厂商、应用服务厂商共同参与的 5G 智慧医疗合作生态。以急救资源管理为基础、急救流程管理为支撑、急救质量管理为抓手，形成全市一体化、多病种一站式的急救网络，打破“信息孤岛”。

项目涉及的 5G+ 视频交互能力、5G 急救车能力，已在 2020 年的广州市马拉松中完成医疗保障工作，2021 年 1 月广州市野外马拉松指挥调度工作、2021 年 4 月北江大堤医疗应急保障演练工作中得到应用，并得到各级领导的一致好评。病患手机呼入定位能力，已于 2020 年 12 月上线，系统稳定运行 7 个月，已生成 20 万病患的呼

入定位数据。5G 急救车能力也在广州部分医院进行测试使用。

后续计划

① 结合 5G 急救车多学科会诊改造、车辆综合管理、电子病历扩容和各 120 分中心的标准化建设，开展数据整合和服务治理，配套急救培训管理模块建设，提升全市院前急救和紧急医学救援服务规范化水平，完善智慧医疗急救数据中台，对接广州市全民健康信息平台，获取患者健康数据，完成急救平台系统升级；

② 依托市场需求，用简单的操作，实用高效的形式帮助病患进行生命救治，赢得市民的认可接受，进行规模化复制推广。

5G+ 智能制造



在 5G 设计之初，智能制造就是 5G 应用的目标行业。智能制造是新一代信息技术和先进制造技术深度融合的产物，是第四次工业革命的核心内容和关键驱动力，也是第四次工业革命的核心目标和主要落脚点。5G 技术在速率、时延、可靠性、连接数、定位能力等方面，切合智能制造的应用需求，进行了大量技术创新和改进，能够满足智能制造各个环节中设备互联、远程操控、柔性生产、辅助装配、质量控制、仓储物流、安全监控、培训指导等多种场景的需求，具体可以参见中国工业和信息化部发布的《“5G+ 工业互联网”十个典型应用场景和五个重点行业实践》。

通过引入 5G 技术，制造企业能够降低劳动力成本、减少物料库存、提高产品质量、提高生产效率、降低安全风险，也能够快速响应客户的个性化需求，减少产线调整所需时间。例如中兴通讯、美的集团、格力电器等企业利用 5G 的移动传输能力、边缘计算能力和融合定位能力，打造可以自主导航的 AGV，提升物流周转效率，减少了场地占用，并节约了大量的人力成本和纸张成本；美的集团、柳钢集团、马鞍山钢铁等企业还将 5G 机器视觉应用于货架管理、货物识别和料场管理，提升物流管理的智能化和自动化水平，提升生产效率，降低人力开销；绿点科技、柳钢集团、马鞍山钢铁等企业利用 5G 大带宽、低时延、高可靠等能力，开展机械臂、轧辊装载机、堆取料机、天车等设备的远程操控，避免了危险和高污染环境下的人工作业，降低了人力成本，同时提升了效率和设备之间的配合效果；中兴通讯、美的集团、柳钢集团等企业将 5G 技术与人工智能技术相结合，利用 5G 的高速大上行能力，用机器视觉质检代替

人工质检，不仅提升了质检的精度和速度，降低了质检的错误率，也大大减少了人工的投入；美的集团、格力电器、广州石化、马鞍山钢铁等企业利用 5G 摄像头清晰度高、信号稳定和部署灵活的特点以及 5G 安全帽 / 巡逻车 / 无人机的移动数据传输能力，将 5G 应用于安全监控、无人巡检、违规行为抓拍、风险预防等方面，减少安全风险，提前预防事故，提升本质安全；中兴通讯、美的集团、柳钢集团、马鞍山钢铁等企业利用 5G AR 设备，开展远程协作验货、辅助装配、辅助运维等应用，使专家和一线操作人员可以高效进行沟通，大幅减少了专家使用的成本。

此外，通过在生产的各个环节引入 5G 技术，有望实现柔性生产，快速进行产线调整，满足客户的个性化生产需求，中兴通讯和绿点科技在这方面也开展了一些尝试。传统生产线每次调整都需要进行规划、设计、实施和验证，费时费力，因此往往需要设置一





个最小订单数，以覆盖生产线调整的成本。通过引入 5G 及各种智能设备，能够摆脱线缆的束缚，实现真正意义上的柔性生产，客户不仅可以定制自己专属的产品，还可以监控生产过程，或者及时调整自己的需求，甚至参与到生产过程当中。对于生产企业来说，不仅可以避免产品积压，还可以及时调整订单排产，或者无缝调整产品线，甚至更换自己的产品品类。

推动 5G 在智能制造领域的应用需要重点关注的两个问题



安全

作为新型基础设施，5G 需要实现高度的安全性，因为这是所有基础设施的共性。对于制造企业来说，引入新的技术最害怕的是引入安全风险，因为安全风险一旦发生，可能导致大量的经济损失，也可能导致企业丧失竞争力。GSMA 调查报告显示，44% 的受访企业指出近期他们对安全的需求增长最为强烈，这一数字排名第一，超过了企业对云、高速连接和物联网等能力的需求。5G 时代，随着承载业务的多样性和重要性大大增长，安全需求相对于之前消费者业务有了巨大的增长，然而与此同时，由于为了适应复杂灵活的业务需求和降低建设运营成本而引入了网络虚拟化等先进技术，5G 的安全风险也陡然提升。安全需求和安全风险的双增长意味着 5G 的安全威胁需要得到充分的重视。



商业模式

商业模式的问题其实不仅仅是计费模式，还包括了网络和终端的归属、业务质量的承诺、管理上的分工等方面。大型制造企业对于自主可控的需求比较强烈，因为这不仅意味着安全和竞争力，也意味着高效和灵活，因此他们大多选择物理专网而不是虚拟专网；小型制造企业则可能希望简单的管理界面和“使用时付费”的服务。因此运营商在提供物理专网或者虚拟专网产品的时候，需要从对方的角度考虑产品和服务的构成，权利和义务的匹配，管理和使用的流程和界面等因素。对于制造企业来说，即使希望部署物理专网，与运营商合作仍然是最佳选项。因为运营商在商业信誉和责任担当方面拥有良好记录，在网络规划和运营优化方面有着丰富经验，在公网和专网结合、互联互通方面拥有独特优势，在设备议价、升级服务方面有着规模优势，在客户服务、驻场支持方面又有着深厚实力。目前，国际上已经获得专有频谱的制造业巨头们，绝大多数仍然选择与运营商合作建设自己的 5G 专网。在为企业提供企业专网的连接服务的同时，运营商还将提供安全、网管、集成、咨询等连接之外的各项服务，帮助企业更好地运营和管理这张网络。

目前，5G 智能制造的规模化仍面临一些挑战，主要是刚需场景不够清晰、标准化程度不够高、模组成本较高和行业终端较少、5G 的时延和定位能力还不够好等问题，需要进一步推广经过大浪淘沙式筛选后留下来的 5G 典型场景和示范应用，制定重点行业和跨行业相关技术标准，统一 5G 工业模组和 5G 工业网关、5G 摄像头、5G 安全帽、5G AGV 等多形态终端的要求，推动芯片、模组和终端价格的进一步下探，推动低时延高可靠、定位增强等标准的落地，加速制造业企业的数字化、网络化和智能化变革。

ZTE 全球5G智能制造基地 Global 5G Intelligent Manufacturing Base



扫描二维码下载案例



扫描二维码观看视频

中兴通讯全球 5G 智能制造基地

“中兴通讯滨江工厂“用5G制造5G”，广泛应用5G+工业互联网技术解决生产现场痛点问题，大大提升了工厂的智能化运营水平，为全球用户更快、更好地交付5G系统设备，同时也发挥了很好的示范效果！日拱一卒，功不唐捐，极致滨江，未来可期！”

周建峰 中兴通讯股份有限公司副总裁，中兴通讯（南京）有限责任公司总经理

合作单位

ZTE中兴



案例综述

中兴通讯全球5G智能制造基地是中兴通讯2018年起投资超200亿元所建设的工厂，用以满足中兴通讯ICT通信电子设备制造的发展需求。自2020年3月正式投产起，就制定了从“数字滨江”到“智能滨江”到“极致滨江”的五年规划：首先聚焦降本提效，探索5G典型应用；21-22年逐步进行IT+OT域的深度融合，加速生产向全面自动化和智能化迈进；下一步，更是希望能够实现生产和运营的极致优化，打造黑灯工厂。基于一张确定性的5G精准网、“工业智能制造”和“智慧园区”两个分布式精准云平台、N个场景的业务实践，将5G与工业互联网深度融合，实现5G在滨江全要素链接和全场景的应用。用5G来推动OT域的智慧化、数字化转型升级，实现装备智能化、制造数字化和运营智能化。

日前，滨江工厂的5G业务创新飞速发展，在5G应用的加持下，通过提质降本增效，助力2021全年产值突破300亿，超出既定目标50%，有力地证明了5G+智能制造的行业价值。并携手中国电信共建5G工业互联网应用超市，加快滨江新基建项目成果的复制推广，引导企业愿用5G、多用5G，探索5G企业专网运营及商业模式创新，引领行业发展。



运营智能化



制造数字化



装备智能化



行业挑战

由于5G基站单板集成度极高，生产工艺也比较复杂，加上外部不确定环境的影响，所面临的设备体量大、企业信息化系统林立、人力用工难等方面的问题已经日益凸显，我们内部亟需加快改革创新步伐，实现自动化生产、智能化制造的柔性工厂以增强竞争优势、提高生产效率成为必选项。

与此同时，随着5G与工业互联网的深度融合，也出现了诸多新的技术挑战。因此必须以工厂级数字化改造试点示范及其复制部署为主，改变以产线、车间为主的数据孤岛现象，攻克5G与行业融合基础能力和应用创新问题，

培育壮大应用生态。

面对行业和自身的种种挑战，中兴通讯明确滨江5G工厂的建设目标为打造国内电子制造行业数字化标杆工厂，达到国际先进、国内领先水平，并与公司整体的发展战略及技术地位相匹配，全面实现工厂的精益化、自动化和信息化；而其中的信息化，就是要充分利用5G+工业互联网的融合创新，打通信息孤岛，快速响应内外部变化，最终实现生产与管理的极致优化。同时，借助自身既懂5G网络、又懂生产制造的优势，以中兴通讯全球5G智能制造基地为实践点，推动行业数字化变革。

解决方案和价值

中兴通讯全球5G智能制造基地基于1张面向行业的工业专网+2个自研的协同制造云平台、园区管控平台+N种可复制能力场景的基本架构，打造云、网、业三位一体的行业标杆。项目规划了16大类超过60项的5G+工业创新应用，覆盖了生产运营的所有环节，希望将传统的线下管理向线上、在线、智能在线不断升级

01 1张基于5G+MEC的5G虚拟企业专网

截止至2021年12月，依托中国电信股份有限公司南京分公司，中兴通讯全球5G智能制造基地共建设10套室外宏站和751套室分信源，全面深层次覆盖整个工厂园区与所有生产车间。并在厂区内部署四套MEC，其中2套为滨江5G工厂服务，互为灾备，另外2套为园区其他制造企业提供本地分流。

以此为基础打造的面向制造行业“互联网+”协同制造的5G虚拟企业专网，融合了5G切片技术和边缘计算技术，满足中兴滨江工厂和部分滨江开发区其他企业业务、连接、计算、安全等需求的云网融合服务。中兴通讯同中国电信持续优化5G工业专网能力，满足智能制造场景下的确定性网络需求，例如对于低空覆盖以及针对2B业务的SLA需求定义不同的5QI模板或采用PRB资源预留等，场景满足了工业企业特殊场景对高可靠低时延的业务需求、网络可视可管可控的管理需求和数据不出园区的安全需求。

工业应用需求



机器视觉检测



辅助视频回传



空间引导定位



生产设备控制



OEE数据采集

高可靠 99.999%

高带宽 上行 1Gbps

低时延 <10ms

高安全 本地保障

极致可靠 Ultimate Reliability



设备级增强：单板备份
网元级增强：核心网热备、RRU环网、传输环网
链路级增强：MCS增强、断链保活、数据复制
网络级增强：主备CPE、无线双连接、E2E双会话

极致性能 Ultimate Performance



资源保障：优先调度、PRB切片、EdgeQoS
上行增强：SuperMIMO、3U1D、CA
超低时延：免调度、mini-slot
确定性时延：TSN

极致安全 Ultimate Safety

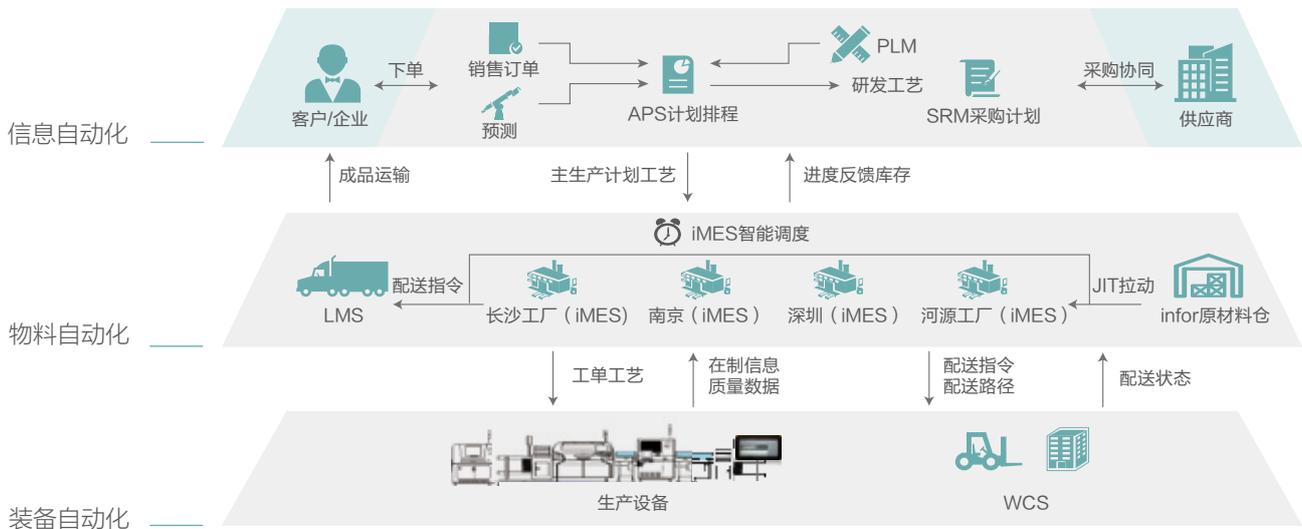


本地保障：NodeEngine、i5GC
切片隔离：端到端软硬切片
PNI-NPN：NPN CAG
安全认证：接入认证、安全加密、业务二次认证

01 2 大核心云平台

中兴通讯在滨江 5G 工厂主要构建了两大核心云平台：iMES 智能制造云平台和工业物联网云平台。

中兴通讯自研面向电子行业的 iMES 协同制造云平台，主要支持通信和消费电子行业的单板生产、标准组件生产、整机生产及外协管理，支持分级部署，可分为集团运营层、工厂执行层。集团运营层主要支撑多工厂运营、生产任务统一调度、生产资源统一分配，运营仪表盘，实现制造运营智能化；工厂执行层使车间计划与生产主计划打通，拉通合同、计划信息与生产信息，实现工艺管理、订单计划、物料配送、生产管理、质量管理的全面服务化，实现制造数字化。



同时，中兴通讯自研基于数字孪生技术的工业物联网云平台，实现装备智能互联、数据实时采集处理及工况协议自动解析，达到数据高效共享、消除信息孤岛的目标，形成数据底座；为产线数字孪生及预测性维护、园区数字孪生及管理、入园车辆管理、能耗监控分析等工业 APP 提供数据和应用支撑，依托 vMAX 大数据引擎和不断采集的生产数据，逐步应用于产线质量追溯和智能决策，打造园区智慧大脑并最终实现智慧化工厂，提升工厂生产效率、园区运营管理效率。

03 N 种工业可复制业务场景

依托厂区与车间的 5G 全覆盖，滨江 5G 工厂梳理了整个生产管理流程，完成了整个工厂的 5G+ 全连接规划，并按照场景，结合应用成熟度和 ROI，逐步推进 5G 应用场景实现落地。

序号	应用类别	典型应用
1	5G 智能工厂数据采集类	SMT 数据采集、装配线数据采集、自动化装备数据采集等
2	5G 的云化 AGV 应用类	视觉 SLAM 云化 AGV、云化叉车
3	基于 5G 的云化机器人控制类	云化 PLC 现场控制，机械臂控制
4	基于 5G 的移动生产管理类	5G PDA 任务分配与生产监控、非接触式红外测温筛查、工业可穿戴看板设备等
5	360 度沉浸式全景监控类	长颈鹿机器人生产现场巡查、生产现场监控等
6	基于 5G 的工业 AR 类	远程单板维修操作指导、XR 培训
7	5G 云化机器视觉类	AAU 导热衬垫、导热泥、导热硅脂、螺钉质量检测，SMT 机器视觉引导机械臂叠板
8	5G 视频监控类	园区 5G 视频监控、5G 车间视频监控
9	5G 物流追踪类	货物全流程追踪



序号	应用类别	典型应用
10	5G 室内定位类	生产工具的精准定位、人员定位
11	XR 多人协作类	产品设计会商、产品展示讲解等
12	能效管理类	节能管理、需求预测、能效计量、配电监测等
13	环境监测类	水质、噪声、空气、车间粉尘等监测；园区数字孪生
14	5G 机器人类	5G 搬运机器人、5G 园区巡逻机器人等
15	基于 5G 的生产线数字孪生类	数字孪生协同制造
16	无人驾驶类	无人通勤小巴、无人扫地车、车路协同厂房间搬运

截至 2021 年 10 月底，滨江 5G 工厂已实现 30+ 种 5G 融合应用场景，5G 行业终端数超过 400 个并还在持续增加，2B 实时分流峰值达到 4Gbps。经过一年多的探索，我们的应用呈现出三个趋势：（1）多种应用灵活组合，多维度提升生产效率，降低人力成本的同时提升产品品质；（2）应用由点到线及面，比如 AGV 的应用场景更加丰富，打通生产环节上的所有配送和周转断点，实现工厂级端到端的无人传输；（3）应用由核心流程向外辐射，降低应用边际成本，同时创新应用的部署更加灵活快捷。下面我们选取部分具有代表性和创新性的应用场景作进一步分享。



▲ 顶升式 5G AGV 在单板周转区工作

1 基于 5G 云化 AGV 的厂区智能物流

中兴通讯全球 5G 智能制造基地示范车间内中有 40 余辆 AGV，厂区共计超 70 台 5G AGV，自动化完成批次配送和实时配送物料资源，承担了几乎所有物料搬运的工作，贯穿物料周转始终，实现物料“货到人”定时定点定量配送。

中兴通讯自研 5G 工业自然导航 AGV 采用激光 + 视觉融合定位导航，通过 5G 网络可实时接受云端 iMES 和 AGV 调度系统平台的统一调度，并能基于 MEC 实现云化地图构建，与线边仓、JIT 提升系统、智慧仓储立库协同，改善精益厂区物流。借助 5G 低时延、高可靠的特性，相较于 WiFi 式 AGV 能够提供更稳定的网络连接，5G 工业自然导航 AGV，并能基于 MEC 实现云化地图构建，货物周转效率提升 20%，场地建设成本降低 15%，周转人力节省 100%，人力成本每年节省 200 多万元。

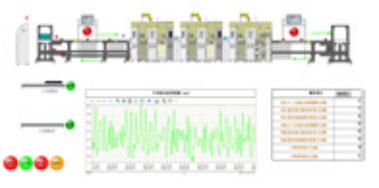


▲ 5G+ 云化机器视觉辅助机械臂精准定位叠板

2 基于 5G+MEC 的机器视觉多类应用

机器视觉在滨江工厂生产线内有 AOI、质检、引导加工等多项应用点。在生产现场部署工业相机或激光扫描仪的 5G+POL 一体化网络接入，实时拍摄产品的高清图像，传输至部署在 MEC 上的通用机器视觉平台，图像在边缘计算中心 MEC 拼接、统一识别处理，快速对已有产线进行改造部署，并能提高机器视觉识别效率，减少人工成本，提升产品质量。

5G 和 MEC 的引入使得整个工业机器视觉体系更加柔性化、便捷化、可发展扩展。5G+MEC 的使用使得厂区内多点位机器视觉应用的算力可以通过 GPU 资源虚拟化的技术灵活地进行调配和统筹管理，同时，5G+MEC 机器视觉平台可以执行深度学习复训练任务，不断优化 AI 算法准确度，进一步提质增效。



▲ 5G+ 云化机器视觉用于 AAU 滤波器螺钉 / 转接柱质检

3 基于 5G 云化 PLC 控制类的柔性生产制造

中兴通讯联合合作伙伴在滨江智能制造基地率先在基站小站测试产线上线了整线级别的 5G 云化 PLC，PLC 的控制逻辑运行在 MEC 侧，IO 模块部署在现场，采用一套云化 PLC 方案替换多个传统硬 PLC。5G 网络不断攻关，NodeEngine、MCS 增强等技术使 5G 稳定至 12ms 以下，月均坏点不超过两次。5G 云化 PLC



远程单板维修指导



望闻问切 - 产线远程巡检



VR 全景 / 高清监控



车间长颈鹿 / 园区无人巡逻

不受传统 PLC 硬件及编程环境、接口协议限制，支持云端图形化编程，统一控制，离线仿真，多协议支持，扩展更灵活，提升产线整体智能化、柔性水平；相对传统七国八制的硬 PLC，提升运维效率及降低柔性产线调整周期 20% 以上。

4 基于 5G+ 超高清视频的远程设备操控、现场辅助装配、无人智能巡检

通过 5G 大带宽优势实现移动性场景下的超高清视频无线传输，实现生产过程和园区管理相关业务远程化。

通过 5G 网络远程实时获得生产现场全景高清视频画面及各类终端数据，可在控制中心实现对现场工业设备的实时精准远程操控。在中兴通讯全球 5G 智能制造基地，上线业界首创 5G 望闻问切机器人，解决产线疑难问题及完成巡检功能。通过 5G 网络和超高清会议系统在远端实时查看生产现场，生产专家可远程操控机器人的机械臂控制，做到实时响应，提升专家共享能力，提升产线问题解决时间 3 倍以上。

通过 5G 网络实时传输现场图像、视频、声音等数据，帮助现场人员进行复杂设备或精细化设备的装配维修。中兴通讯 5G+4K 超高清远程专家指导系统，实时连线一线操作工人与云端知识库和远程专家，实现单板故障维修指导，有效提升沟通效率，和检修精准度。通过远程专家指导系统，可大幅降低人员差旅率 30%，维修响应时间从“天”提高到“小时”级。

通过 5G 网络实现巡检机器人或无人机等移动化、智能化安防设备的接入，替代巡检人员进行巡逻值守。滨江园区上线 5G 巡检机器人、5G 无人机替代人员巡逻，通过对高空、空旷场景的 5G 网络覆盖优化，实时将视频等相关数据通过 5G 网络实时回传至园区管理平台，单设备能替代 3-4 人工作量。通过云端智能分析实时预警，提高园区运营管理水平。

经验总结与后续计划

于自身而言，中兴通讯通过 5G+ 工业互联网对中兴通讯全球 5G 智能制造基地生产流程、园区管理的数字化转型升级，有效提升自动化、智能化、柔性制造水平，增进工厂车间提质增效，优化成本、增强产出。目前，滨江的智慧制造实践，在降本、提质、增效方面已经给公司带来显著的收益：装配质量漏检率降低 80%，关键工序不良率降低 46%，产线人员减少 28%，产线调整周期缩短 20% 等，同时更在基层迸发了愿用 5G、多用 5G 的创新激情。未来，我们将持续创新优化、做大做深，以 5G 为驱动力和技术手段打造黑灯工厂，将黑灯车间的占比从目前的 26.1% 提升到 80% 以上。

中兴通讯打造中兴通讯全球 5G 智能制造基地的目的和意义之一，就是希望通过自身在 5G+ 工业互联网能力领域的探索，摸索出真正提质增效的应用场景以推动 5G 对企业业务的落地、推动 5G+ 工业互联网发挥真正价值。截至 2021 年 11 月，累计 500+ 企事业单位、超万人次线

下到滨江参观交流，充分发挥 5G+ 工业互联网标杆作用。目前依托滨江的实践成果，中兴通讯已在 60+ 企业单位落地 100+ 个 5G 创新应用场景，取得巨大社会效应。

接下来，我们将把滨江的成功实践横向快速复制的同时，加速场景应用创新的合纵连横，完善中兴通讯全球 5G 智能制造基地自身应用场景的同时，赋能千行百业数字化乃至智能化转型。

通过滨江工业互联网创新中心，我们提供环境给合作伙伴到南京工厂进行工业应用研发、测试，让产业生态进一步蓬勃壮大。通过近两年来滨江项目的沉淀，我们在工业企业数字化转型所需的数字魔方的各个维度上都有所发展和积累，连接保障、数据价值发掘、生态伙伴这些维度上的资源和能力，都可以提供给各个企业和合作伙伴借鉴、分享和使用，与产业和行业伙伴一起，构筑一个繁荣健康的生态体系，让所有人共享 5G 浪潮下数字化转型的红利，为 5G+ 工业互联网良性发展保驾护航。



美的集团厨热顺德 5G 全连接工厂

“ 5G、大数据、人工智能等技术正在助力传统企业数字化转型，美的工厂 5G+ 工业互联网创新实践，有效验证了 5G 的大上行、融合定位、一网多用、高可靠等能力，给客户带来了显著的价值提升，广东联通将继续发挥 5G 网络优势，深耕重点行业，以需求为牵引，不断打造 5G 标杆，助推广东经济高质量发展。

冯华骏 中国联通广东省公司政企 BG 总裁

合作单位



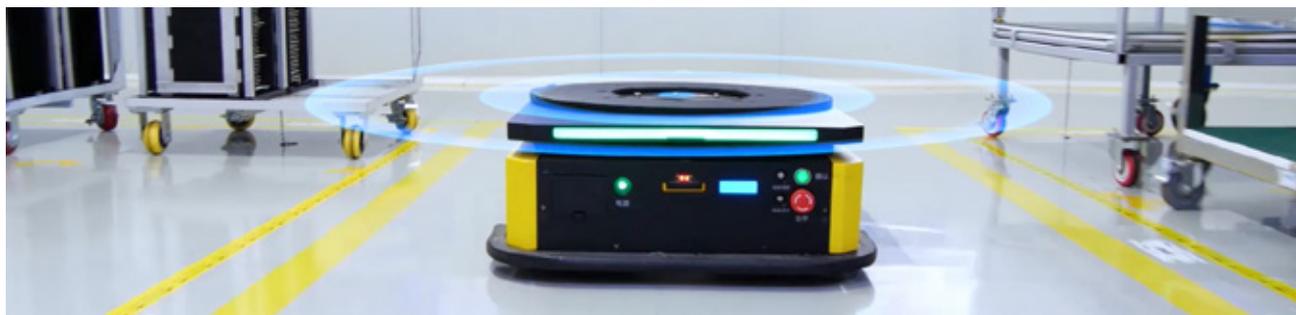
案例综述

美的集团成立于 1968 年，营收规模位居中国家电行业第一。秉承美的集团“全面数字化、全面智能化”战略，美的厨热事业部顺德工厂制定 5G+ 工业互联网智能制造发展战略，联手联通、华为共同梳理 5G+ 智能制造应用场景地图，规划 21 年上线 23 个场景，600+ 点位，22 年上线 35 个场景，2000+ 点位，23 年进一步上线 55 个场景，全面实现以 5G 网络为基础的工厂级互联互通，建成国家级 5G 智能制造标杆工厂。

基于联通一张定制专网、一朵边缘云以及切片管理平台、AI 智能分析平台、专网自服务平台、融合定位平台四大平台，工厂已完成厂区内外 5G 全覆盖，截至 21 年 10 月底，工厂总计上线智能物流、品质管理、设备管理、柔性产线、园区安全五大类 16 场景，327 个 5G 点位，并首次在工厂场景实现 5G 融合定位智能仓储商用，充分发

挥 5G 一网多用价值。

5G 全连接工厂年综合降本达 3200 万元，其中在绿色低碳上物流设备降耗、设备集约化、无纸化均有突破性提高，获得中国标杆智能工厂、第四届中国质量奖、佛山市工业互联网示范标杆项目、福布斯中国 2021 年度中国十大工业互联网企业。项目由美的、联通、华为强强联手，带动 5G 终端、工业设备、应用集成、AI 算法等 20 多个合作伙伴共同参与，促进产业链发展，并在安德物流、美的芜湖厨卫基地、美的佛山顺德基地等产业链上下游、美的集团内部、家电/电子制造行业展开规模复制。美联华三方将携手并进，将 5G 利用到更多场景，探索更多的解决方案，并借助美的工业互联网平台持续对外赋能，为中国智能制造添砖加瓦。



行业挑战

中国家电制造行业规模约 1.5 万亿，其制造部门主要有电子、冲压、注塑、浸粉、总装、成品、物流等多个生产业务，是典型的离散制造行业。当前行业制造主要面临以下挑战：

产线调动频繁

家电行业订单特点是小批次、多批量，更新迭代快，产线调整频繁，变动投入成本高，对柔性生产有较高诉求；

厂内传统物流系统“三多”

流程断点多、线下流程多、重复作业多，物流信息沟通记录依赖人工操作，缺料信息要手动记录通报，物料发车情况要电话确认、成品入库要人工盘点，采用传统 Wifi 手段进行信息传输经常面临接入能力不足、断网、传输时延高等问题，影响厂内物流效率和准确率，并进一步制约生产效率的提升；

工艺要求严格 本地 AI 质检成本高

市场竞争激烈，产品品质影响市场口碑和占有率，因此对产品工艺和品质监管要求严格。采用 AI 质检本地需要部署专用硬件，成本高，维护任务加重，资源利用率低；

生产设备数量大 运营维护成本高

单个工厂有上千台生产装置，且有较多设备依赖进口。在当前疫情环境下，如出现设备故障，厂家无法快速来现场解决问题，影响生产，同时设备状态监控依赖人工巡检定期检查记录，人工投入强度大、巡检效率低；

利用 5G 高质量移动连接，并内延至边缘云、AI、大数据等技术，能够满足工厂大上行、精定位、高可靠、低时延、超柔性的数字化建设场景要求，解决以上痛点。

解决方案和价值

01 5G 厂内智能物流

5G+ 厂内智能物流，采用了 5G 融合定位技术，通过对货车、夹抱车、牵引车等关键要素的实时精准定位，感知车辆和对应货物的空间位置信息和状态，并在美的 MES（制造执行系统）、WMS（仓储管理系统）系统中将实物流与信息流匹配一致，做到对货物信息的实时显示、自动盘点、账实一致、智能管理。相较于传统单一的定位技术，该系统具备广融合、快切换的特性，能够满足不同生产区域对于定位方式及精度的复杂需求，进一步提升定位精度、降低环境依赖、减少网络时延、打通数据孤岛，同时相对于厚重的自动化系统，该系统能够实现轻量化、较低成本部署，业务弹性更强，最大化 5G 一网多用价值，为业界提供一个新的选择。

5G 融合定位复用美的原有的 5G 网络覆盖，通过数字化室分基站获取终端的无线信号，并在边缘云上部署定位

解算单元，通过动态滤波算法解算 5G 定位以及其他定位技术的定位结果，最终通过标准接口上报到美的上层应用，无需额外建网和维护，一网多用，建设成本低，同时，5G 大带宽、低时延、广连接的优势能够支撑厂区海量终端和快速响应的定位诉求。

5G+ 智能物流解决方案，使得美的厨热工厂实现了少人化、无纸化和大幅的效率提升，并帮助工厂每年节省人力成本 889 万，纸张成本 10 万，效率提升收益 174 万。同时，该方案已经复制到安德物流、芜湖工厂等上下游供应体系及美的生产基地，通过端到端 5G 智能物流实现制造链条效率蝶变与价值增值，同时，本方案的规模复制，能够进一步催熟 5G 定位技术能力和产业成熟度，并为标准组织贡献 5G 定位产业标准。



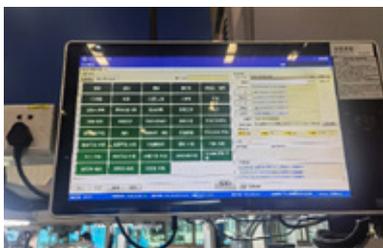
02 5G 预测性维护 &AR 远程协助

工厂浸粉线为进口设备，发生故障时需要请国外专家进行指导维修，尤其在当前疫情环境下，国外专家难以到位，故障维修成本高，影响周期长，降低生产效率。同时，生产设备定期由人工进行点检，覆盖各个车间，例行2次/天，单车间可能存在数百个点检项目，点检人员工作量大，容易出现疏忽或者随意应付情况，无法进行流程记录。

一方面，通过5G联机监控浸粉设备状态参数，建立设备运行模型，分析设备实时数据与故障，预测故障发生时间，提前制定保养计划，确保隐患和缺陷能够得到早期发现、预防和处理。另一方面，采用AR技术，通过5G大带宽低时延支持高品质协助，支持在线同声中英文互译，支持多语言互译，实现国外专家实时远程指导，同时实现日常点检可视化，关键参数及部件爆炸图显示等业务。

03 5G+AR 眼镜远程验货

订单生产完成后，需要等待客户现场验货合格后方可出货装柜，造成货物积压。在当前疫情环境下，客户抵达现场验货受到各种出行条件制约，同时不利于工厂的疫情管控。现场操作员佩戴5G AR眼镜，通过5G网络大带宽低时延的能力与客户远程视频沟通，实时传输客户需要的验货画面，远端客户如临现场完成验货，提高货仓周转。



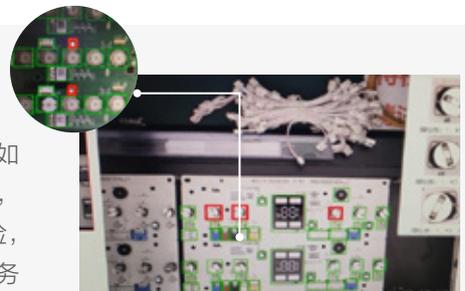
04 5G 云化工控机

厂区有500台左右工控机，分散在各个工位本地部署，工人通过工控机提供的UI界面向MES系统反馈产品信息、安装问题等。当前工控机单价高，设备运行两年后会越来越卡，维护困难，集团IT人员不具备维护能力，需要供应商进行维护，维护费用高；由于产线随订单需求频繁调整，大量本地服务器及网线部署抬高产线改造成本，影响生产效率；工控机与SCADA、MES等多架构对接交互，调试对接难度大，维护困难。工厂将工控机虚拟化上MEC，本地仅保留瘦客户机连接扫码枪和屏幕，通过5G高质量接入网络将端侧及边缘云连接，实现统一集中运维管理。该方案能够降低本地工控机部署成本，提升集中运维效率，减少网线部署，提升产线柔性。

05 5G+AI 质量检测

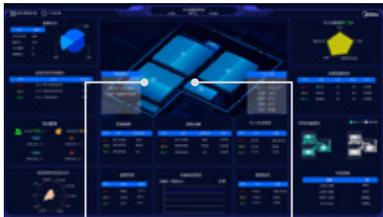
工厂电子、钣金、总装等车间各条生产线，需要对各种中间件及过程（例如PCB板、钣金件、标签位置、底板螺钉、人工检验动作规范等）质量进行检查，质检点位多。传统模式下，工厂通过人工对产品进行质检，存在错、漏、反等风险，依赖质检人员责任心，质检效果不可控，人力成本高企，或者通过本地部署服务器的方式，将AI算法放在本地进行推理，设备采购、网线部署、后期运维等成本较高，能耗较高。

通过5G+云+AI端边云架构，端侧采用高清工业相机进行照片信息采集，边侧MEC进行推理运算，云上进行AI数据训练，充分利用5G大带宽、低时延的连接特性，快速高质量完成质检流程，与MES系统交互，实现不合格自动判定，扫描时自动告警等功能，提升出厂产品品质，降低返修成本，减少人工质检工位，提升服务器资源利用率，降低维护难度。



06 5G 智能模具货架管理

在工厂冲压流程中，需要根据不同批次订单的需求每天频繁更换模具，工人通过车载平板接收叫模任务和推荐货架，驾驶叉车进入货架区域扫码寻找响应模具并取出运送至产线。传统方式下，车载平板通过 wifi 连接，经常出现网络不稳定、掉线等现象，导致车载平板接收指令不正常、扫码信息无法读取等问题，单个问题解决时长达到 20 分钟以上，严重影响取模效率，进一步导致产线停工。通过对车载平板和扫码枪进行 5G 网络连接改造，保障数据传输稳定性，换模时间平均下降 20% 以上，由此减少产线停工时长，提高生产作业效率。



07 5G 园区管理

园区安防全靠人防、控、管，效率低，缺乏可视化管理及有效的预警预报的手段。通过在园区部署 5G 摄像机和传感器应用，实时采集园区情况，对异常预警并告警，打通各系统，实现园区安全、消防、环保各方面智能化管理：

- 园区重点区域 5G 智能摄像头覆盖，实现车辆违停、斑马线、防护穿戴等违规行为抓拍；
- 园区高火灾风险区域通过传感器及红外摄像头进行监控抓拍；
- 5G 移动 AI 监控设备监控多个不同点位临时施工作业；
- 现场监控设备与 EHS 系统打通，监控平台结果实时反馈到 EHS 系统，通过 EHS 系统进行事件记录及预警、管控

该方案实现园区事故率下降 12%，危险作业审批时间下降 90%，降低园区安防成本。

经验总结与后续计划

在该项目中，美的集团、中国联通和华为三方积累一些成功经验：5G 业务场景规划要结合企业数字化转型或智能制造战略，深入生产业务流程，充分发掘刚需场景，做好顶层设计，真正带来价值变现；同时项目落地需要多方共同配合，深度协作，并利用和发展好生态合作伙伴，各方优势资源互补；在项目中要做好商业模式设计，让网络设备、终端设备、应用集成、云服务商等链条上的各个参与方获得商业正收益，促进价值链条传递；针对新场景、新需求，不断创新网络能力（例如 5G 高精定位），从业务侧推动技术升级和迭代，并最终反哺业务，形成正向循环；同时，项目在推进过程中也存在一些难点：5G 业务场景在定制改造、终端成本上相对较高，需要进一步赋能生态，通过规模复制降低成本；理解工业生产流程并转换为 5G 网络语言，难度较大，在网络设计上要充分考虑时延、带宽、可靠性等要素，满足业务的要求，对传统网络设计能力提出更高的要求；5G 终端规模上线后，管理难度较大，需要专业化的园区管理平台进行统一纳管；

后续计划

- 1 扩大连接规模：围绕工厂 5G 数字化建设地图，进一步扩大网络连接和应用场景，22 年实现 2000+ 终端连接；
- 2 应用场景深入：5G 定位进一步探索和扩张应用场景，结合标准进展，探索更高精度定位能力及低功耗终端，推动物流智能化和无人化技术演进，推动 5G 定位产业标准制定；
- 3 专网更加可靠：应对企业对专网高可靠高 SLA 的需求，持续上线和创新高可靠专网解决方案能力（例如双发选收、网断业不断 MEC、切片等），建设园区自服务平台，统一管理和监控专网运行，快速进行故障定界；
- 4 业务边缘集中：以运营商 MEC 为统一底座，将 AI 质检、AR 远程维护等业务集中上边缘云，同时探索 PLC、工控机等生产控制设备云化集中，充分发挥网业协同、集约运营优势；
- 5 持续对外赋能：通过美的 M-IOT 工业互联网平台，沉淀创新能力，不断赋能千行百业；



格力 5G+MEC 智慧工厂创新实践

“ 乘着 5G 和全社会数字化升级的东风，我们携手郑州格力，秉承精益生产理念，多方共建打造了集 5G 专网、产线 5G 应用和全场景全流程安全生产体系于一体的 5G+ 智慧工厂，探索出一条家电制造业自主可控的 5G+ 数字化转型新模式。未来，我们将继续坚持自主创新，持续深化技术赋能、挖掘数据潜能，为“河南制造”向“河南智造”转型升级贡献新的更大力量。

王志 中国联合网络通信有限公司河南省分公司 副总经理

合作单位



ZTE中兴

案例综述

格力电器（郑州）有限公司年产家用空调 600 万套、压缩机 600 万台、电机 1200 万台，是华中地区最大的空调生产基地，产值超 150 亿，周边地区有配套企业上百家。

自 2011 年建厂之初，郑州格力就定位为格力集团智能制造的探路者，并制定了清晰的目标：即秉承精益理念，价值创造使命，建立一个高度灵活的个性化、智能化产品与服务的生产模式。借助 5G+ 工业互联网时代机遇，郑州格力联合中国联通、中兴通讯积极探索离散制造业数字化转型之路。

2020 年 9 月，三方就 5G 创新技术与工业互联网融合在格力（郑州）工厂开展试点建设，以精益生产理念为基础，共同实施基于 5G+MEC 的智能制造应用探索。2021 年，随着项目的持续深化，达成了以“1+2+N+S”

为系统架构的项目阶段性目标，即 1 张 5G 独立专网、2 个企业级能力平台、N 个 5G 应用，以及 1 套面向 5G 工业互联网全业务场景的端到端主动安全防护体系。

通过构建企业级的 IOT 平台和机器视觉平台，进一步挖掘数据价值，夯实 AI 能力基础；通过快速部署 5G 云化调度 AGV、5G+VR 远程指导、以 5G 安全帽为载体的安全生产管理系统以及 5G 无人机巡检等应用，实现综合运营效率提升。

为满足园区信息安全要求，基于主动安全防御理论，构建了云、管、端防御体系，实现全环节、全流程的防护。同时，随着 5G 技术与生产制造逐渐加深，现场网络由虚拟专网升级成为了 i5GC 独立专网，进一步保障企业应用安全。

1 张 5G 独立专网 + 2 个企业级能力平台 + N 5G 应用 + S 1 套面向 5G 工业互联网全业务场景的端到端主动安全防护体系

行业挑战

近年来，随着新型城镇化建设的加快和人民生活水平的日益提高，家电行业已经进入高速发展阶段，同时，随着我国家电产品“智能化、定制化”的发展趋势，产品生命周期的缩短以及质量要求越来越高，家电行业数字化转型迫在眉睫。

郑州格力在探索数字化转型之路上，面临以下挑战：

系统、数据不贯通 “烟囱”林立

家电制造业作为典型的离散制造业的典型代表，企业往往存在生产设备数量多，种类杂，生产环境复杂，在传统网络环境下，很难进行数据采集。同时，信息系统碎片化和烟囱林立的问题，给企业带来重复开发严重、运营成本难以降低、新应用难以拓展等难题。企业生产管理者想了解生产关键数据，需要在不同系统切换，耗时耗力，信息化反而成为使用者的负担。

视觉质检场景多 复制困难

本着“追求完美质量”的核心价值观，郑州格力所生产的每一台空调都经过了无数道严格的质检工序。面对大量的机器视觉场景，在按照传统方式进行单机部署时，遇到了很大挑战：1、传统图像处理算法的准确率提升有限，而 AI 算法意味着更高的资源投入；2、数据难以聚合，“封存”在工控机中无法进行价值利用；3、规模复制时带来的计算资源成本和运维成本的大幅增加。

应用安全管控难 隐患无处不在

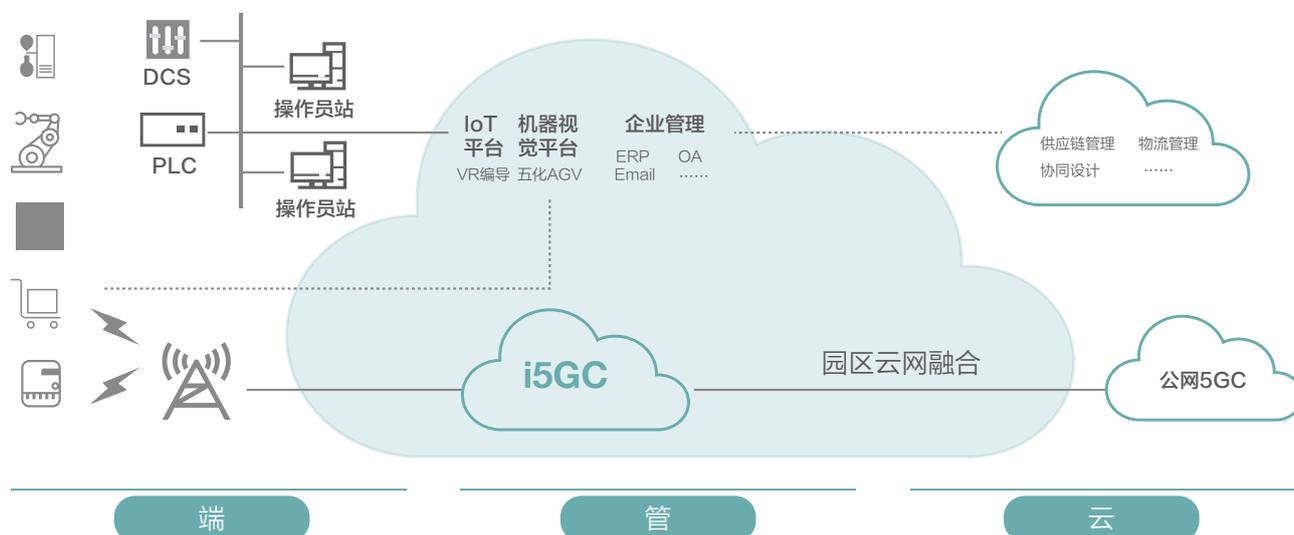
在网络和系统平台层面，5G+MEC 创新应用将带来了边缘虚拟化平台防护问题，同时工控协议漏洞、内网病毒 / 木马、互联网 DDoS 攻击等安全威胁无处不在。

在终端层面，工厂大量使用的 5G 终端，诸如 CPE、工业网关、AGV、安全帽等，也存在着终端安全设计不足、系统漏洞补丁更新不及时、弱口令、数据明文或简单加密传输等许多潜在风险。

解决方案和价值

01 1 张 i5GC 独立专网

项目通过部署 i5GC 独立专网，实现现场网络专网专用、物理隔离，最大发挥 5G 网络超高带宽 / 超低时延的能力。现场部署两套 i5GC 组 Pool 实现容灾备份，设备间负荷分担，满足高安全和高可靠。同时 i5GC 支持未来向 FMC 固移融合演进的能力，满足园区各类终端的泛在接入，实现统一管理、统一运维。另外，i5GC 可以向 3GPP R16 进行持续演进增强，支持 5G LAN、QoS Monitoring、TSN 等创新特性，为智慧工厂持续赋能。

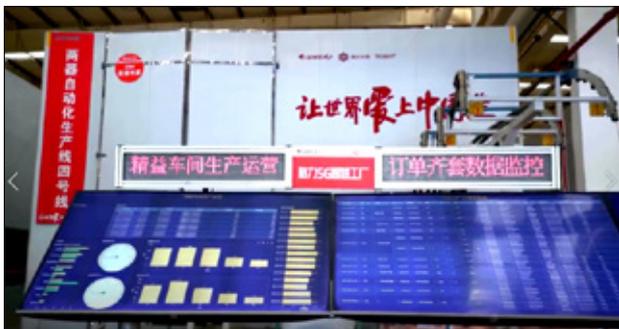




02 2 个企业级能力平台

IOT 平台

依托 5G+MEC 边缘云，部署企业级 IoT 平台，不仅满足车间现场异构网络如 4G/5G/eMTC/NB-IoT 等多种融合接入需求，还提供面向物联网应用的连接管理、设备管理、应用使能、运营支持等能力，实现各类终端数据的统一采集、统一管理、统一共享以及各类型智能终端进行在线管理和远程运维。另外，平台通过北向接口，实现现有 10 余套子系统的打通，真正意义上实现数据贯通和数据驱动。



机器视觉平台

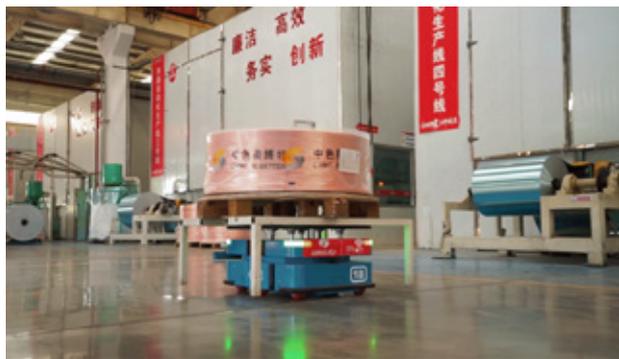
项目搭建基于 5G+MEC 的机器视觉平台，构建了 AI 模型训练平台和 AI 推理平台，不仅加速了 AI 算法的训练，还可以在 MEC 上将 5G 集中接入的图像的进行分析推理，提升了多工位复制的算法兼容性和识别的准确率，在大幅降低了边际部署成本的同时，加速了车间机器视觉场景的规模复制。未来，机器视觉平台将承载全厂的上百个机器视觉应用，车间在不增加算法工程师的前提下，实现全厂视觉场景的独立运维。



03 N 个 5G 创新应用

5G 云化调度 AGV

在郑州格力两器二车间，通过 5G+ 自然导航 AGV 实现自动叫料、自动搬运，通过路径自主规划，降低场地部署成本 80%，节省人力 15 人；5G 解决了传统 WiFi 通讯 AP 区域切换的问题，平均掉线率降低 80%。



5G+AI 安全帽

项目引入具有定位、感知、预警和音视频通讯功能的一体化智能穿戴产品，基于共有的 IP 架构的“云+端”综合管理平台，解决安全生产现场作业过程中的问题，实现“感知、分析、服务、指挥、监控”的五位一体，打造“互联网+”时代的智能化管理、精细化管理、过程结果并重的安全生产管理新模式。5G 智能巡检安全帽在格力两器二车间 89 名员工中投入使用。





5G 巡检

为满足格力园区安全要求，通过 5G 无人机及安防巡检机器人，实现 7 路视频的 5G 网络实时回传，解决园区地面全方位安全、可控，为格力园区提供 360 度无死角全方位的安全保障。

04 S: 端到端安全防护

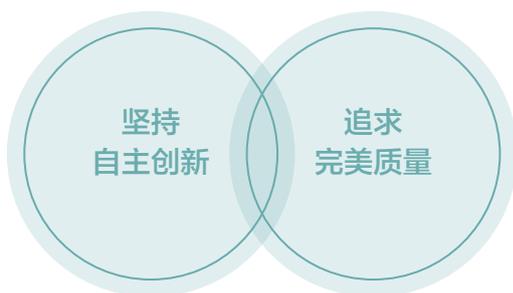


在平台网络方面，针对数据不出园区的要求，应用了包括差异化切片、安全隔离等在内的 5G 网络安全能力；针对内网病毒 / 木马问题，应用了动态防火墙等内网安全措施；针对 MEC 虚拟化安全风险，应用了云原生安全、双因素认证等平台应用安全手段；同时，还提供了全生命周期的数据安全能力。

在 5G 应用终端安全，在设备硬件难以升级改造的情况下，格力在终端上线前进行安全检测；在入网认证时使用电子围栏、黑白名单；在终端接入环节应用零信任接入管控；同时还匹配流量异常监测处置，通过这四个环节保证 5G 终端应用及数据安全。

经验总结与后续计划

郑州格力以“坚持自主创新”+“追求完美质量”为核心价值观，致力于建立一个高度灵活的个性化、智能化产品与服务的生产模式。目前，项目已完成公司既定的智能生产阶段性目标，实现了决策指标 BI 平台显示，产品研发、工艺、制造、质量全链条人际互动、数字化联动。



项目顺利推行，同时也得力于三方成立的“5G 智能制造开发应用实验室”、“5G 赋能工业互联网联合创新实验室”在联合研发、加快产品和方案的输出上所发挥的优势，以加快技术验证、模式验证和商业应用落地的步伐。

未来，将在现有项目现有成果基础上继续深化，将完成全厂设备的联网，并完成全厂上百个机器视觉检测场景的落地；同时，随着格力柔性生产等工业互联网业务的发展，后续还能匹配互联网安全、工控安全防护措施。进一步保障 5G 应用安全。

项目的成功经验也将在中原地区其他离散制造业中进行复制推广，同时持续发挥郑州格力在当地产业聚集区的龙头示范效应，带动周边数十家配套企业加速数字化转型的步伐。



绿点科技 5G 机械臂联网

“从管理员手工统计到设备主动报送数据，超大规模、超低延时的设备联网在 5G 时代得以实现。我们工厂在高频换线下的线路改造困难、设备联网采样时延高、高价值机台缺乏管理等棘手问题在 5G 专网的加持下迎刃而解。如今工厂整体产线换线时间降低 60%、产线良率提升 2%，5G 数字化转型带来的收益有目共睹。

周蒙 捷普绿点集团首席技术官

合作单位

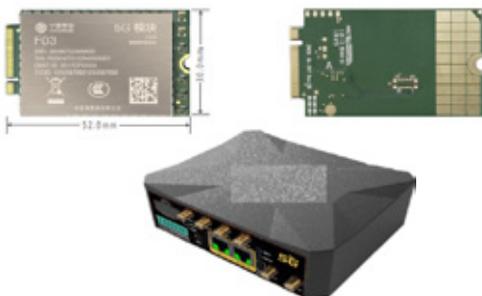


案例综述

在 5G 智慧工厂行业，中国移动、绿点科技（无锡）有限公司、锚云（上海）物联网科技有限公司通力合作，于 2021 年 5 月启动 5G 机械臂联网项目，通过部署高可靠的 5G 专网和使用中国移动 F03X 5G 模组集成的 5G 边缘计算网关，将上千台 Fanuc 机械臂接入 5G 网络，通过网关侧的边缘计算能力进行分布式运算而取代集中式运算，进行设备的超大日志传输、程序下发、远程控制，满足生产型企业日新月异的创新业务需求。

在 5G 专网环境下，锚云集成的 5G 边缘计算网关与机械臂设备端一对一直接连，由 5G 模组侧发起注册上网请求将机械臂接入 5G 网络并分配专网下的固定 IP 地址，当出现中心服务器故障或其它突发情况时，盒子可作缓

存并在恢复时继续上传，数据完整性和安全性有保证；同时，边缘端分析后将数据包上传至云端，服务器分布式集群部署，能支撑高并发海量数据计算。5G 专网可支持 50ms 以内的数据采集时延要求并帮助车间实现柔性生产和设备的可视化管理。经过测算，机械臂 5G 联网后可为工厂节约 800 万元 / 年的布线成本。目前项目已进入商用阶段，成为了国内最大规模的 5G SA 模式下的机械臂联网数采项目。在 5G 和边缘计算的加持下，工厂设备有了“意识”，可以进行“自主学习”和“自我管理”，达成了生产效率提升 15%、生产周期缩短 10%、良率提升 2% 的大跨越。



行业挑战

企业产线流程复杂，设备种类繁多且多以国外品牌为主，各自系统封闭互不兼容。电子产品更新换代迅速，企业柔性制造需求会导致产线调整频繁，车间生产线、设备、物流布局的变动。配套生产设备需要频繁工艺升级。

另外，电子信息产品属于知识、技术密集型产品，其科技含量较高；产品注重质量、节能和环保，并遵循行业标准及国际标准；产品竞争激烈，升级换代迅速。电子信息产品细分种类众多，产品间差异大，不同产品其制造工艺过程不尽相同，但一般都遵循模块化设计与模块化生产制造理念，涵盖模组、部件到整机的生产全流程。

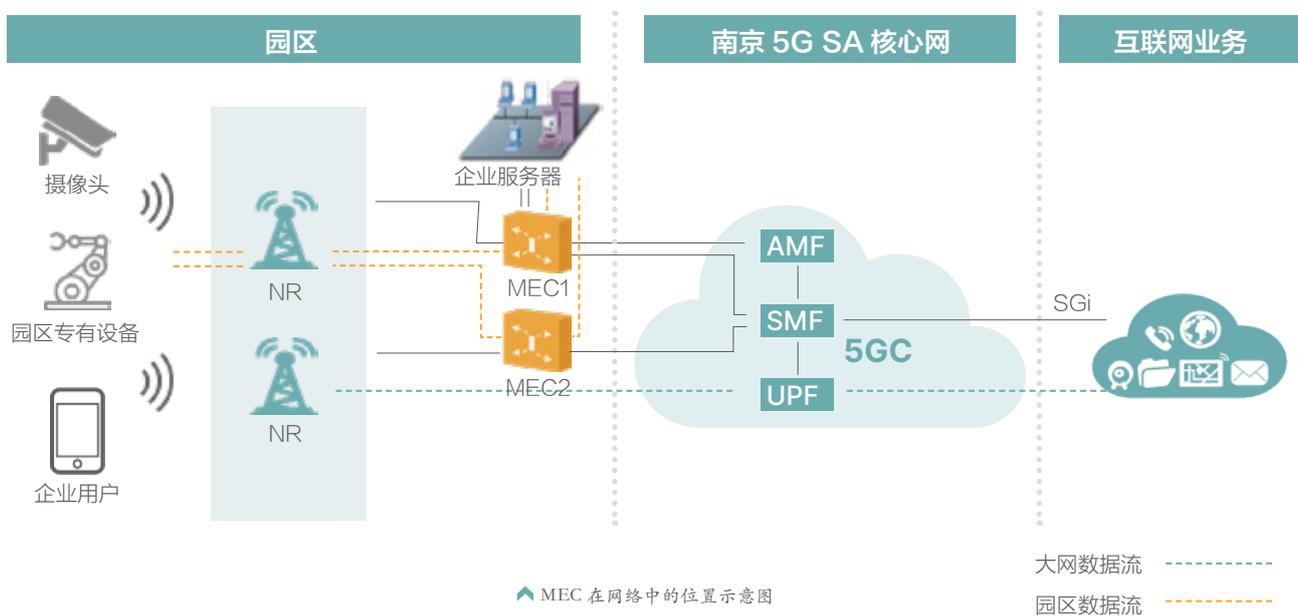
基于数字化转型需要和工厂生产痛点，项目引入了边缘高效的 5G 感知网络和云端智能的工业大脑，即在边缘通过统一的工业数采网关，基于丰富的工业接口与广泛覆盖的设备协议，实现工业场景下设备 5G 联网与全量数据的采集，工艺文件与指令下发，一站式解决企业 IoT 设备联网与数据上云。云端平台基于工业知识、经验与生产实

践构筑起工业知识图谱，支撑产品质量追溯、设备预测性维护、工厂数字孪生等高阶智能生产应用。

绿点无锡工厂生产情况有明显淡旺季，车间产能随客户订单随时增减，产线更新换代较快，需要根据苹果等上游客户的不同产品做快速调整（至少每月调整产线 2 次），厂区上千台 CNC 和机械臂原来均采用传统的网线方式布线，工期长、费用高、难调整、效率低；基于 5G 实现柔性产线可以保证高效的换线速率。目前工厂在实际生产时为黑盒生产，对设备的利用率和维护管理存在欠缺，同时缺乏可视化监测手段，而且设备数据采集频率高、点位多，依赖较强的综合算力且要求端到端时延稳定在 50ms 以内以保证数据交互的实时性，对通信稳定性及安全性要求极高；5G 企业专网通过 UPF 下沉可实现数据本地分流，保证业务时延小于 30ms 的同时也规避了数据出厂造成的安全隐患。

解决方案和价值

针对面临的问题，本项目启动之初就拟定了相应解决方案，利用 MEC 下沉构建高可靠、低延时的 5G 专网。MEC 是一个“硬件 + 软件”的系统，通过在 5G 移动网络边缘提供 IT 服务环境和云计算能力，以减少网络操作和业务交互的时延。MEC 靠近“物”和“数据源”的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用等核心能力的开放平台。MEC 就近提供边缘智能服务，以满足行业数字化在敏捷联接、实时业务、数据优化、智能应用、安全与隐私保护等方面的关键需求。如下图是 MEC 在网络中的位置：



MEC 在网络中的位置示意图



5G+ 智能制造

网络完成部署后，项目将厂区的 CNC 和机械臂分批加装 5G 网关进行 5G 联网改造，使得产线调整免受布线制约，也规避了工业 Wifi 面对海量并发的制约和 4G 网络下传输链路过长导致的时延问题，车间扩充产能更加弹性、快速、敏捷。同时为了应对海量设备接入导致的中心算力不足问题，项目定制开发了 5G 边缘智能数采网关，将协议转化、数据筛选分析等功能集成到 5G 网关中，数据包高速上传至云端并与企业 mes 系统极速交互，完成判断和标记。项目基于底层的设备联网采集，构建上层的数据分析平台，进行有针对性的接口开发与数据转换工作，帮助绿点实现对关键设备和生产全过程数据的监控和异常处理，为绿点实现智能制造、生产模式创新提供关键支撑。

面向绿点这样的大型制造企业快速打造设备智能管理、产品质量追溯、数字孪生工厂等智能工厂服务应用，帮助制造企业实现数字化转型，打造 5G 全连接工厂四个主要应用场景：

01 海量设备接入 5G 专网

将车间内需要联网的 3087 台机械臂和 CNC 加装工业级边缘计算网关，实现设备 5G 联网和边缘侧的数据加工。5G 边缘计算网关与设备端一对一直连，出现断电或服务器故障时，盒子可作缓存并在恢复时继续上传，数据完整性有保证；同时，边缘端分析计算将分析好的数据包上传至云端，服务器分布式集群部署，负载均衡，处理性能高，能支撑高并发海量数据计算。

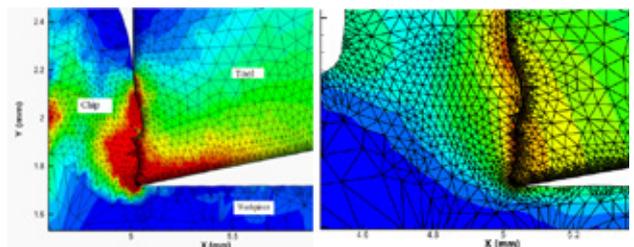


02 IOT 数采可视化平台

主要用于汇聚和分析采集的数据。平台囊括了所有和数据相关的工作，包括存储、加工、采集和标记几大主要功能。数据处理需要重点建设数据标记功能，快速产生样本数据，以便训练出模型能对新数据推理预测。

03 基于底层数据的建模和工艺仿真

针对设备使用情况与设备故障维修情况进行大数据挖掘与建模，建立设备质量评估指数、设备预测性维护模型，通过工艺仿真创建设备故障维护知识图谱和产品质量大数据模型。例如设备马达预测性维护，通过网关 IoT 平台收集马达的电压电流、扭矩等数据，建立数据分析模型进行寿命预测。通过预测性维护预计能减少 50% 的单次维修时间。



04 远程控制

为改变每个工位都需现场调试和配置的状况，项目通过对联网设备的反控实现CNC加工中心的远程控制验证，同时在平台侧开放设备远程控制系统。系统可显示机台实时状态并实现报警信息推送，通过远程系统解除对应机台的一般报警，修改机台参数、程序，以此做到作业信息透明、远程监管有力、操作智能防呆，故障解除效率大大提升。

项目为 5G 大规模商用，对接企业生产环境提供了非常有示范意义的项目预演，对 5G 网络和边缘计算网络的规模化进入工业制造领域具有宝贵的示范价值；并将继续在智能制造领域探索并开发更多的创新方案，聚焦企业真实诉求通过降低人力，提高产能和改善质量，进一步助力企业降本增效，推动智能制造技术在工业领域的规模落地。



经验总结与后续计划

经过几个月的项目实施，基于 5G 的设备联网数据采集已符合工厂生产要求；5G 无线信号已覆盖有网络需求的车间区域 3 万余平方，经验收测试 5G 网络质量达到如下指标：

<1%

丢包率

<15ms

单向延时
(5G DTU 到服务器)

>300Mbps

5G 带宽

95%

5G 覆盖概率
参考信号电 SS-RSRP>-90dbm

项目为 5G 大规模商用，对接企业生产环境提供了非常有示范意义的项目预演，对 5G 网络和边缘计算网络的规模化进入工业制造领域具有宝贵的示范价值；并将继续在智能制造领域探索并开发更多的创新方案，聚焦企业真实诉求通过降低人力，提高产能和改善质量，进一步助力企业降本增效，推动智能制造技术在工业领域的规模落地。下阶段，项目将坚持立足于为工厂实现“降本增效”的出发点，一方面

将 1000 多台传统设备进行 5G 联网改造并接入设备管理平台；另一方面继续基于采集到的数据进行模型训练以构建上层应用平台，利用刀具耐用度的经验公式和有限元方法模拟刀具的磨损，利用滑动速度、接触压力和接触面温度等参数进行子程序开发以定义更多类型的刀具磨损模型，实现设备的智能化管理和生产过程的可视化展示。



5G 赋能 — 安全、绿色、智慧新广州石化

“通过 5G+ 智慧石化项目的实施，目前已成功赋能 6 大业务域 15 个应用场景，实现事故发生率降低 20%，有害气体减排 30%，年度经济效益 3000 万。基于 5G 云网底座的安全、绿色、智慧的新广州石化，正力争成为“洁净能源”、“转型升级”的双示范企业，走在时代前列，引领行业发展。

黄海彬 中国石油化工股份有限公司广州分公司信息中心负责人

合作单位

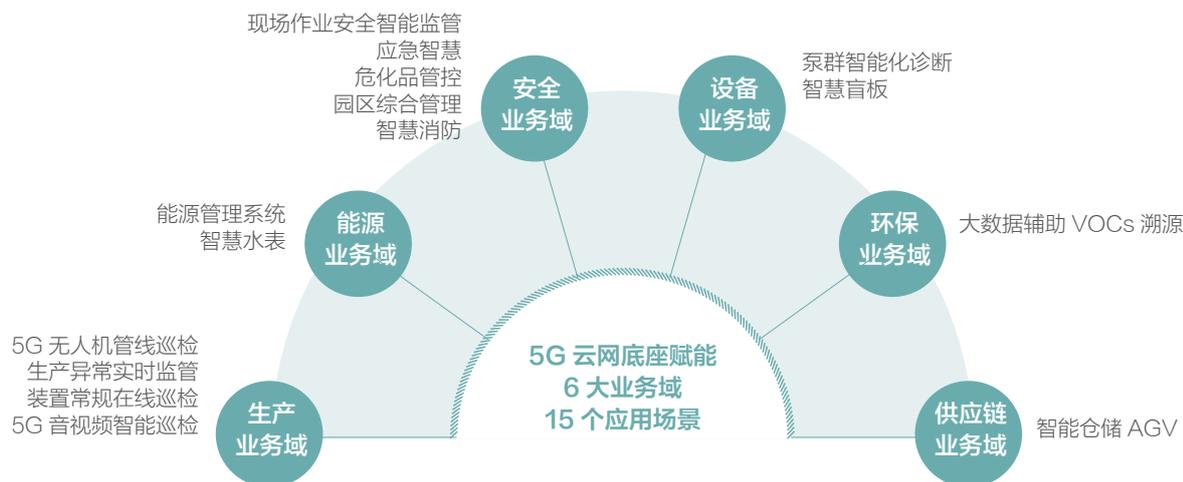


案例综述

石化行业在国计民生中发挥巨大的作业，2020 年中国 GDP 总产值 101 万亿，石化行业营收 11 万亿，占国民经济生产总值 10.89%。中国石油化工股份有限公司广州分公司（以下简称广州石化）作为华南地区最大的现代化石油化工企业之一，是中国石化在珠三角地区唯一的特大型炼化企业，信息化水平在石化行业属于 A 级企业，原油加工量达到千万吨级。

作为中国石化集团公司确定为“世界一流绿色低碳城市型炼化示范企业建设试点”的重点企业的广州石化，基

于石化行业“安全、绿色、智慧”诉求，广州石化联合中国电信、石化盈科信息技术有限责任公司、华为技术有限公司、广东省新一代通信与网络创新研究院、广东省电信规划设计院于 2020 年 9 月份承接广东省科技厅专项和石化集团重点研发任务。基于数据 + 平台 + 应用整体架构，通过 5G 专网将现场各类终端数据实时、安全的上传到本地数据中心；结合智云平台在边云协同、大数据运营、AI 应用、业务平台等方面的关键能力，目前已实现 6 大业务领域 15 大应用场景的安全、绿色、智慧化。



行业挑战

国内以中国石化为首的大型石化央企，较早地探索并较为系统地提出智能工厂的建设理念并付诸于实施，并取得了良好的成果。中国石化率先借鉴国外石化企业信息化建设最佳实践基础上，结合自身的发展情况，进行了智能工厂建设，在国内石化行业起到了良好的引领和示范作用，但总体而言，国内石化行业整体数字化、智能化水平还有很大提升空间。

广州石化在实际生产过程中发现当前主要存在以下问题：

1、应急联动指挥能力不足，暂未实现融合通讯。2、生产及设备运行数据采集与传输：有些厂区控制中心与装置设备距离较远，采用传统的铜线或光纤进行有线传输部署，加大了网络部署成本。3、企业厂区 VOCs 及异味网格化监测已开展，但未实现厂区 VOCs 排放量、逸散趋势

预测、排放溯源精准有效监控和管理；4、现场施工作业量较大，作业管控的全流程信息化不足，未能很好支持现场管控。5、机泵设备状态监测基础条件好，但与设备健康管理要求仍有差距，同时无线数据传输网安全性和可用性有待提升；6、操作巡检采用传统模式，缺乏信息化管控工作效率低下；7、传统人工方式收发、分拣笨重货物，仓储作业工作量大且工作效率低。

广州石化迫切希望利用 5G+ 多种先进技术融合的方式，推动厂区自动化和智能化水平，助力企业精益生产、优化协同、本质安全、节能环保、绿色低碳、降本增效。通过“5G+ 智慧石化”项目建设，为企业变革、资源优化、业务创新注入新动力，为一流企业建设提供强有力的支撑。

解决方案和价值

项目基于数据 + 平台 + 应用整体架构，通过 5G（含 NB）专网将现场各类终端数据实时、安全的上传到数据中心；结合智云平台在边云协同、大数据运营、AI 应用、业务平台等方面的关键能力，实现生产、设备、安全、环保、供应链、能源等 6 大业务领域动态感知、预测预警、科学决策和精准执行，事故发生率下降 20%，VOCs 排放量下降 30%，年经济效益 3000 万。



项目整体架构



01 5G 专网整体解决方案

无线覆盖方面

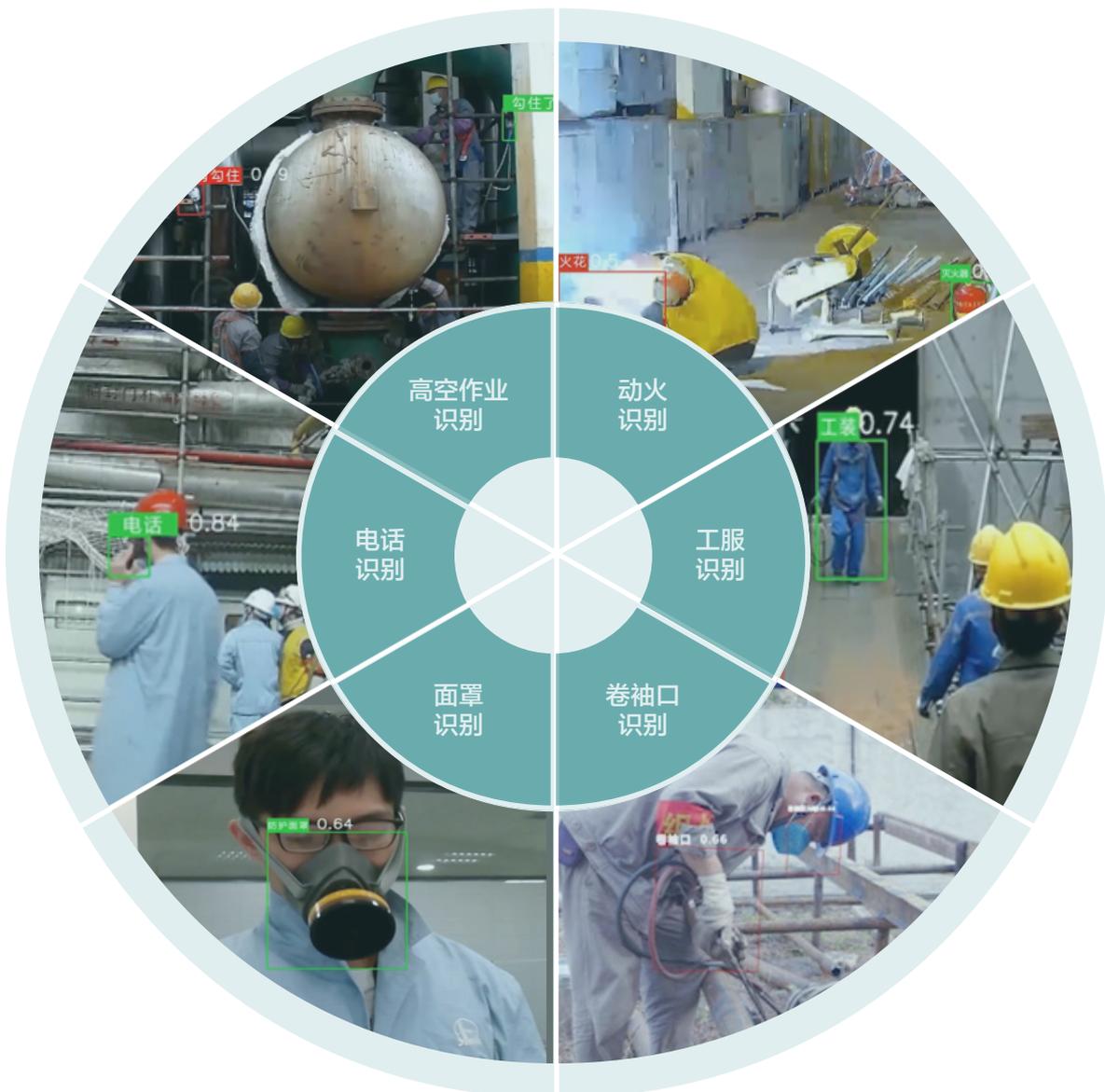
石化厂区总面积 445 万平方米，我们在防爆区部署 4 个 5G 防爆微站，非防爆区 13 个宏站，实现厂区 5G 信号覆盖率 95.80%。后续根据项目需求，在防爆区对 5G 网络进行补盲增强

5G 专网方案

在石化行业首次实现比邻专网 + 致远专网双专网模式。目前在生产环境下采用 UPF 下沉的比邻模式，实现园区基站专享、数据不出园区，保障企业数据安全。同时项目采用完全复用运营商公网的 5G 致远专网作为 5G 网络的备份，当下沉 UPF 出现故障时，可无缝切换到致远专网，进一步保障 5G 网络的高可用。

02 现场作业智能监管提升本质安全

我们通过部署移动式 5G 摄像头，实时查看现场画面，还进行在线 AI 分析，实现事中监管、事后追查到事前预防的转变。针对现场作业，我们已实现在线智能监控 100%，作业规范率提升 30%，实现经济效益 500 万 / 年



03 现场作业智能监管提升本质安全

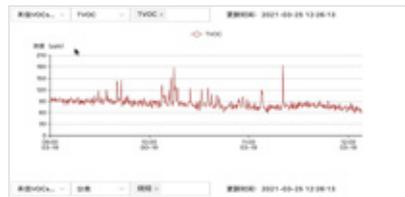
利用 5G、AI 技术，建立“点、面、域”多源融合 VOCs 立体监测预警溯源体系，实现污染预防、源头削减、过程控制、末端治理的环保业务全生命周期管理，实现“准确率高、监测项多、预警数降、溯源范围广”的效果。即准确率由 50% 提升到 70%，监测项由 45 项扩大到 330 项，预警次数同比下降 10%，溯源范围由厂区内延伸到厂区外。



▲ 5G 分布式点监控



▲ 5G 走航车



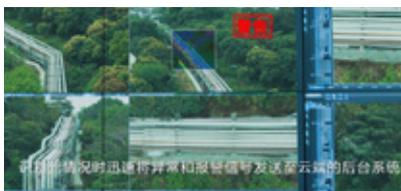
▲ 5G 多源多维大数据模型

04 智慧生产提升提质增效

以管道巡检为例，传统管道人工巡检频次低、巡检危高量大、巡检检测难等痛点，通过 5G+ 无人机将管线上方的情况实时传送到边缘节点进行 AI 在线分析，提升管线上方巡检效率 10 倍，整体效率 30%，节省成本 100 万 / 年



▲ 5G 网联无人机



▲ 无人机巡检



▲ 远程操控无人机

经验总结与后续计划

在 5G+ 智慧石化项目推进过程中，项目总共有如下 6 大成功经验。

防爆区域上行大带宽回传，项目组联合合作伙伴，首次在全国范围内同时完成华为 pru、中兴 pru 的防爆改造，解决防爆区 5G 信号覆盖问题；

5G 防爆终端，项目组研发出 5G 防爆摄像头、5G AR 头盔、5G 防爆手机、5G 音视频巡检仪、5G 现场智能监护站等各类 5G 终端，解决石化行业 5G 终端问题；

防爆终端复用，考虑到目前行业中有较大部分 4G/WiFi 防爆终端，项目组研发 5G 防爆 CPE，最大程度利用已有终端；

多类型 5G 专网，项目生产环境使用 UPF 下沉的比邻模式 5G 专网，同时采用致远模式专网进行备用，保障 5G 专网的高可用；

5G 专网与 NB 的融合运营，在业内首次实现将 NB 网络的数据通过下沉 UPF 进行本地卸载，并提供融合 NB 网络和 5G 专网的运营管理平台，助力实现多网的可视、可管、可控；

基于 5G+ 石化智云平台 + 应用，打造 6 大领域 15 个应用场景；

基于广州石化的 5G+ 智慧石化项目，在中国石化集团的 32 个炼化厂进行复制推广，并输出 5G+ 石化行业应用标准。在此基础上在全国乃至全球石化行业进行复制推广。



5G+MEC 助力马钢绿色数智化转型发展

“ 5G 专网与马钢高质量工业内网深度融合，以领先的端到端高可靠和低时延方案，利用 5G、AI、边缘计算、云等技术的协同创新，深入马钢的关键生产流程，实现了智能设备互联、智能化生产、智慧化运营、自动化运维，未来马钢将继续深挖 5G 价值、融合创新、聚焦关键应用、聚合产业生态助力马钢绿色数智化转型发展及钢铁行业的推广复制。

杨兴亮 马鞍山钢铁股份有限公司总经理助理、运营改善部部长

合作单位



案例综述

马钢港务原料总厂坐落于马鞍山市区西北，毗邻长江，总面积约 115 万平方米，主要承担马钢 6 座高炉和 5 台烧结机生产所需原料的受入、储存、加工和输送。年产量 1010 万吨，是马钢炼铁用原燃料的“粮仓”。厂区具有分布面积广、大型移动机、大型移动机、布料车、卸料车近百台，离散视频监控点 1000 多个，设备通过总厂约 70 公里的 427 条皮带连接，工况复杂、通信系统部署难的特点，亟需高可靠、低成本、易维护的 5G 专网解决料厂移动网络部署、柔性制造、绿色生产的问题。

马钢、飞马智科、联通与华为联合在原料总厂部署

了 19 处 5G SA 站点，在马钢数据中心部署 1 套 MEC（UPF+MEP），实现了 5G 专网与马钢高质量工业内网深度融合，并在马钢试点了 5G+ 堆取料机无人驾驶、5G+3D 数字料厂、皮带机智能巡检、5G+AI 生产行为监管、5G+ 智能视频巡航、5G+AR 智能运维示范项目，替换 52 套工业 Wi-fi，节省投资 30%，料厂整体利用率提高 20%，初期减员 36 人，后期减员 200 人，每年节约成本 800 万，实现了智能设备互联、智能化生产、智慧化运营、自动化运维，树立了流程行业 5G 应用标杆。



行业挑战

钢铁制造过程流程长、生产工序多、生产工艺复杂、供应链冗长、制造装备种类繁多等特征，是典型的混合型制造流程。现代钢铁制造拥有高度自动化的工艺产线装备，面临设备维护成本高、工业知识隐形程度高、下游需求日益个性化、环保压力增大、智能化水平低、工人流失严重等问题，具有极强的数字化转型升级需求，为企业降本增效。主要体现在以下几个方面：

产能过剩，供需失衡， 节能减排压力大

十三五期间钢铁行业过度投资导致当前产能集中释放，造成产能过剩；缺乏行业内供需信息优化配置，导致企业无法快速识别市场需求，出现供需失衡，同时作为制造业中碳排放量最大的领域，钢铁行业减排压力巨大，亟需产业互联网加持，进行数字化转型。

缺乏数据标准， 数据孤岛化、系统烟囱化

钢厂设备种类和业务场景繁多，存在信息孤岛、数据碎片化、网络多样化，系统相互独立、数据无法互联互通，有效利用，掣肘工业 4.0 转型升级。

工作环境较差， 生产过程劳动密集、 工人流失严重

钢铁生产现场中很多岗位环境具有工作强度大、扬尘多、高温危险等安全生产问题，很多生产作业如人工质检仍存在依赖人工经验，生产效率低的问题，同时对于人力资源吸引力差，造成招工难的问题。

网络无线化、 网络安全稳定性要求高

目前钢企中大部分生产内网是利用的光纤、WIFI。光纤针对移动场景不适用且光纤易损耗、维护成本高，不利于企业的柔性制造；钢厂中大多是钢架结构，电磁和多经干扰严重，同时对于一些控制类的、业务要求网络具有高可靠、稳定低时延的特点。

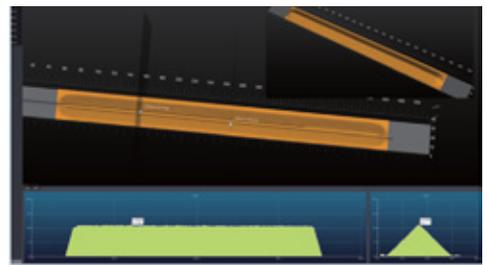
利用 5G 的大带宽、低时延、大连接等特点，同时与 AI、AR、边缘计算等技术协同创新，助力钢厂少人化、无人化、智能化的数字化转型升级。

解决方案和价值

01 5G+3D 数字料厂

原有料堆、料条的堆取位置、高度、长宽等信息依靠人为观测，根据操作员经验判断料场情况进行作业计划的修改，原料管理手段单一、料厂利用率不高。为解决此问题，需对现有作业模式进行改造，在移动机上部署 3D 扫描仪，实时扫描料堆三维数据。但在移动机部署有线光纤复杂，3 维点云数据量大，wifi 通讯时延较高，无法及时准确回传料堆信息。

现通过 5G 网络将 3D 扫描的海量点云数据回传至数据中心，对料堆、料条进行三维建模及计算，完成实时盘库、制定作业计划，项目实施后可实现料场精细化管理，生产效率提高 20%。



02 5G+ 堆取料机无人驾驶

料场进行环保升级改造，所有料场进行大棚封闭，由于堆取料机移动时抖动大、扬尘多，棚内操作环境恶劣。为改善作业环境，需实现堆取料机的远程 / 无人驾驶，传统方式采用光纤进行视频信号、控制信号的远程传输，将光纤卷盘在堆取料机的旋转圆盘上实现光纤的移动收放，但光纤易



中断,影响正常生产,维修复杂、成本高。

现综合利用数字料场的三维模型数据、智能化感知设备及高清视频技术,利用5G低时延特性完成机载控制系统与远端智能决策系统的实时通讯,实现各系统间的协同,堆取料机的无人化运行。

该场景需要精准控制生产作业设备,对业务时延有较高要求(通常小于20ms),通过5G接入和MEC的本地分流可以实现远程/无人驾驶的业务保障。结合使用网络切片技术,满足远程/无人驾驶网络需求,灵活实现切片网络资源的独立,保障网络质量及使用安全。

03 5G+ 智能巡航

料厂共有胶带机427条,大量胶带机管理复杂。当设备故障时无法从大量视频信号中快速准确找到对应视频信息。不同料流胶带顺序启动时需要调取对应多个视频信号进行启动过程的监控。

利用5G高带宽特性,完成高清视频回传。通过特定的过程连锁信息,根据设备电气的故障和报警信息快速定位故障点,自动调取设备的监视摄像头将影像投到大屏或推送到维护人员的终端;完成特定生产流程的视频巡航监视,巡航路线可自由定制。

通过部署地图共享、路线规划、调度管理等应用能力,实现巡航远程控制和调度,同时使用5G网络回传实时高清巡检画面、设备信息、环境信息等数据,边缘云通过视频转码及AI推理等功能对视频数据进行预处理后传至中心云,中心AI系统通过对采集到的数据进行深度分析,判断巡航区域内设备或环境是否存在异常。



04 5G+AI 生产行为智能监管

对于现场作业区域较广、操作室分散的场景,管理人员无法时刻对作业区域内的人员生产行为进行监督、提醒。

通过5G高带宽特性,实时回传作业现场4K高清视频,结合AI平台完成各类生产行为智能分析,对违规行为进行抓拍记录、实时告警。预防不规范行为导致的各类事故,避免事故造成重大人身伤害、设备损失。

通过对5G网络数据业务流量管理,结合AI原子能力算法库、视频智能分析、人脸管理等功能模块,对视频流或视频文件按需配置一个或多个识别算法,结果包括自动抓拍的事件图片、事件描述、发生时间等信息,切实实现5G+生产行为智能监管。

05 5G+AR 智能运维

对于设备的运维原通过运维人员文字记录或者在电子平台手动输入运维记录的方式进行日常普通运维。对于复杂设备的运维,需要定期或者临时紧急请相关专家前往现场进行指导。检修效率低、信息交互差。

现利用5G+AR眼镜,实施记录每一部件的点检情况并进行相关分析,在复杂的工业环境,专家通过文字、图片、实时标注等多种空间标注形式实时指导,双方通过第一视角的实时交互、多方多地协同,仅通过云端交互、远程诊断就能快速定位问题并实时传输解决方案。



边缘云网络业务数据自助分流、AR 应用自助部署及转码 / 渲染 / 拼接能力，为 5G+AR 智能运维及远程协作提供了网络基础，助力实现 AR 空间标注、多人高清音视频通讯、文档共享等功能，大幅降低技术支持成本。



06 5G+ 胶带机智能维检

胶带机因工作环境复杂，运输距离长，运输量大，生产运行中经常会发生电机、减速机故障，胶带跑偏、打滑、撕裂等现象，由于缺乏有效检测、监测手段，发生设备事故轻则影响生产效率，重则引起严重事故。

运用智能传感器及 5G 网络技术，提升设备运行检测手段。建立设备实时数字化模型，实现设备管理可视化。运用智能分析模型，实现故障快速智能诊断。进行系统的数字化健康评估，保障系统运行安全。利用历史数据，基于机器学习算法和模型分析评估设备健康状况，实现预测性维护。同时建立一套包括档案管理、备件管理、设备检修等功能的智能维检系统，实现运维监测信息化及智能化远程管理。

5G 胶带机智能维检利用 5G 网络实时采集电机、减速机及胶带数据，将数据周期性上传，经过智能算法分析后进行状态估算和态势感知并发送给运维人员，以提前预测设备状态和采取措施，避免胶带故障和安全风险。

经验总结与后续计划

通过港务料厂的 5G 试点应用的实践证明，5G 网络的特性可以很好的解决有线光缆、WIFI 等无线通信存在的痛点问题，利用 5G 专网与马钢工业内网的有机融合，实现企业 CT、OT 和 IT 系统的互联互通，提供低抖动、低时延、大上行的确定性通信，保障了马钢工业生产网络高可用性，助力马钢实现“操控一律集中、作业一律机器、运维一律远程、服务一律上线”，有效解决了钢铁生中产过程中作业环境差、网络部署复杂、操作人员多、工作效率低、运维成本高、劳动强度大、运维评估难、监管手段少的 8 类问题，为工业现场提供了大带宽、低延时、高可靠等无线网络服务，赋能马钢智慧制造。

通过三方联合探索，积累了针对钢铁行业视频监控、远程控制、无人驾驶等业务场景的 5GtoB 业务建模、网络规划设计、业务建模、集成服务的能力，深入挖掘应用场景需求。

5G 与行业应用的融合需要生态伙伴的共同参与，才能不断孵化新的应用，加速 5G 技术集成应用于研发设计、生产制造、故障运维、物流运输、安全管理等环节的进程。结合行业特色，构建“5G+ 工业互联网”产业生态圈，产业链上下游协同配合，向下推进基础设施建设，向上开发各类工业应用场景。

后续计划

- 1 挖掘更多价值场景：5G、AI、边缘计算、云计算等技术协同创新，深入生产流程，探索 5G+AI 智能配煤、5G 数采及预测性维护、电子围栏等价值应用，提质增效、全面推动企业多环节、多流程的自动化、无人化、智能化及绿色数智化转型升级。
- 2 孵化创新解决方案：逐步验证并上线适用于钢铁行业的“大网断小网不断”的高可靠核心网方案、双发选收、5G LAN 等先进解决方案，提高 5G 专网的可靠性、降低网络运维难度。
- 3 建设运用使能平台：打造一体化的自运维自管理平台，面向网络、终端、业务，实现终端设备管理、实时业务流程监测和故障告警及定位定界，进一步固化资产、沉淀能力，加速业务孵化上线。
- 4 推动业内规模复制：不断结合钢铁行业的应用场景，沉淀标准的 5G 专网解决方案基线和端到端的产品，开放能力，推进在马钢集团内部的规模复制和产业升级。



柳钢 5G 智慧钢铁项目

“钢铁意志，大海情怀。站在新的发展起点上，处于春风浩荡的新时代里，柳钢将以党的十九大精神和习近平新时代中国特色社会主义思想为指引，秉承“包容、创新、超越、共享”的企业核心理念，抓住国家实施“一带一路”倡议机遇，借北部湾大开发之势，以“本部转型升级、沿海有序发展、多元聚焦集群、集团战略管控”四大战略转型为重点，全面深化供给侧改革，大手笔实施沿海战略，加快发展向海经济，向着挺进世界 500 强的目标提速跃进，在广西乃至全国的钢铁生产史上续写光彩华章。

潘世庆 柳钢董事长

合作单位



案例综述

广西柳钢集团是我国华南、西南地区乃至泛北部湾经济圈最大的钢铁联合企业，是全球钢企 50 强、中国企业 500 强，年营业收入超 1000 亿元，具备年产钢 2300 万吨综合生产能力。柳钢集团与广西移动、华为进行 5G 智慧钢铁项目合作，利用 5G、云和 AI 等技术深入生产流程，打造数字柳钢，三方联合项目组创新落地了 11 项 5G+ 工业互联网在钢铁行业应用场景，包括 5G 焊缝“云眼”质检、固废云识别、钢卷 ID 云识别、5G 智慧天车、5G 远控装配机、5G 远控堆取料机、5G 贴标机、5G 预测性维护、5G AR 远程协同、5G 制造中心以及 5G 云网安全演练等，是目前全国场景最多的 5G 工业项目。

通过一系列 5G 智慧钢铁改造将给柳钢带来上亿云的效益提升及成本节省。比如远程控制装载机项目，实现了装载机现场高清视频回传和远程精确操控功能，让远在柳钢集团本部中控室的操作人员可以实时、多视角地跨城操控位于防城港冷轧厂车间的装载机，不仅将单次吊运所需人力减少 60%，实现装卸效率提升 400%，而且大幅改善了艰苦工种的工作环境、

作业安全性和工作满意度。

柳钢依托 5G 的低延时数据传送，加上工业大脑大数据的实时分析，利用云后台的机械视觉服务器和 AI 服务器来取代人工运转轧辊，并逐步向其他生产线推广，实现了“科技+颜值+智慧”的透明工厂。

5G 远程控制冷轧小天车实际应用中，依托 5G 多视角远程控制天车，过去需要 3 人配合，现只需 1 人即可完成单次吊运工作，减少用工 60%，并且吊运时长从 20 分钟一吊提高至 5 分钟一吊，装卸效率提升 400%，最为可贵的是，该控制系统以某游戏手柄（全球首次应用）作为控制器，显著改善了工作环境，也解决了招工难问题。



行业挑战

钢铁行业全流程是看不见、摸不到、测不出的“黑箱”，多场、多相共存，多变量、强耦合、大滞后、非线性的特征决定钢铁生产过程本身和钢铁产品质量具有极强的不确定性，因此，钢铁行业也是对智能化需求最迫切的行业。而在国家明确“新基建”范围后，如何通过包括 5G 在内的新技术改造传统制造业，成为许多钢铁企业思考的方向。

作为重要的钢铁企业，柳钢也存在着传统制造业普遍面临的诸多痛点：

工作环境艰苦

高温、粉尘、噪声的工作环境损害员工健康，违背企业价值理念；

存在安全隐患

一些特殊岗位环境艰苦，且需要连续作业，易发人为操作错误，引起安全和生产事故；

作业效率低

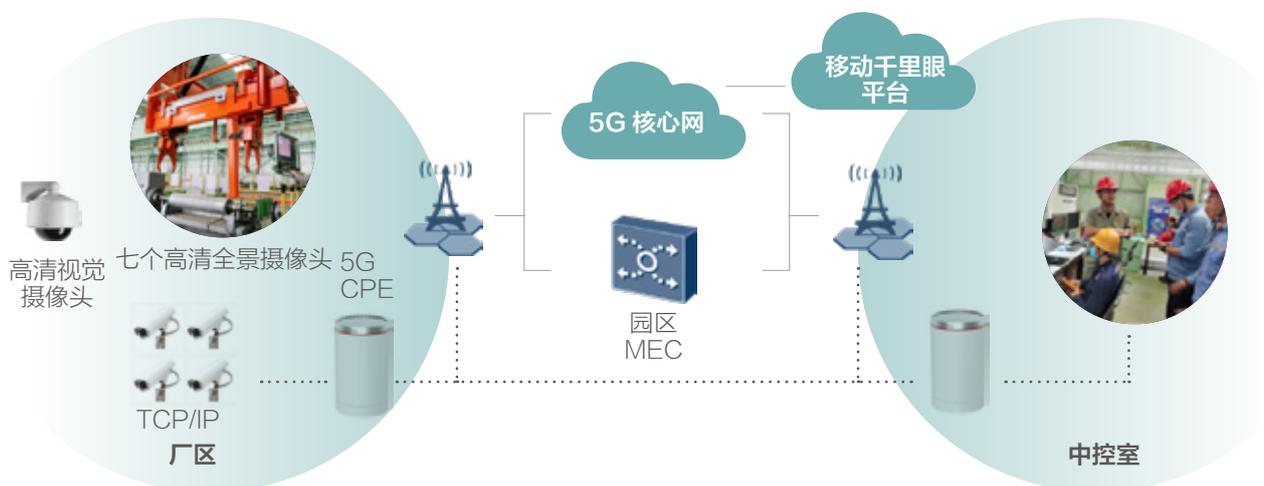
现场高空登车环境狭窄，下车需要长时间，影响工作效率，行车工岗位分散，组织管理效率低；一台行车需要多个专人负责，人力资源形成较大浪费。

5G 的高速率、大带宽、低延时、高可靠特性，正是为工业互联网的联接多样性、性能差异性、通信多样化的需求而生，能将网络等待时间控制在毫秒级别，为保证系统精确控制提供支撑，提高了工业制造领域的安全生产水平。

解决方案和价值

01 智慧远控场景：5G+AI 智能轧辊装载机

冷轧产品是柳钢的主打产品之一。磨辊班承担着为各生产线提供轧辊的重任。磨辊装配车间温度非常高，每次吊装辊轴都需要三个人配合装配，地面有两个人负责吊装绳索的套紧，工作效率极低，而且存在危险事故。把游戏手柄“移植”到工厂机械设备上，能擦出怎样的火花？操作的工人正在使用游戏手柄操控 5G 智能装载机吊运轧辊，看起来“八竿子打不着”的设备之间已经完美融合。拿起手柄，就可以成为一名操控装载机的“游戏大咖”，这些黑科技场景，让柳钢的技术员们开动自动装载机，犹如置身大型 3D 游戏一般的体验。该项目依托 5G 网络“高带宽”、“低时延”的技术特点，量身定制出“操控端 + 中国移动 5G 网络 + 装载机”的解决方案，完美实现了 5G 高清视频回传和远程精确操控功能。通过该 5G+ 应用，冷轧厂成功解决了困扰企业多年的痛点和难点，大幅提升了艰苦工种的工作满意度，降低了作业安全生产事故发生率，极大地提高了劳动生产率。曾经需要 3 个人配合才能完成的单次吊运，现在只需 1 个人坐在电脑前就能轻松完成，工作效率实现翻倍。

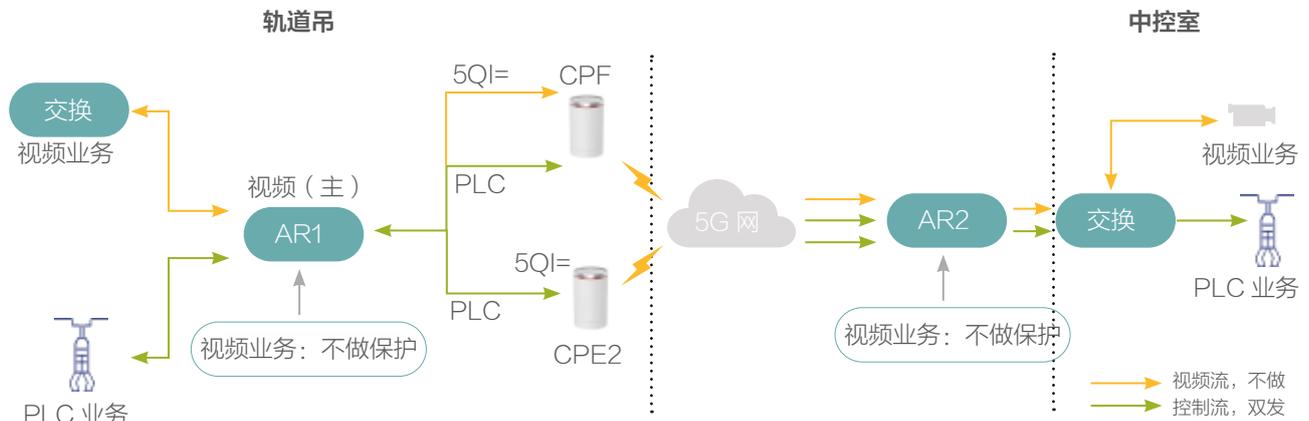




02 智慧远控场景：5G 自稳定远控取料机

堆取料机用于堆料场煤矿和铁矿石的传送，一般都在空旷的室外，烈日暴晒，煤粉和矿石粉尘到处飘，堆料场环境分非常恶劣，操作人员需要爬到车顶的操作室进行操作，不但工作效率低而且工作环境恶劣，危险。为了提高工作效率，消除工作风险，远控已是必然趋势。

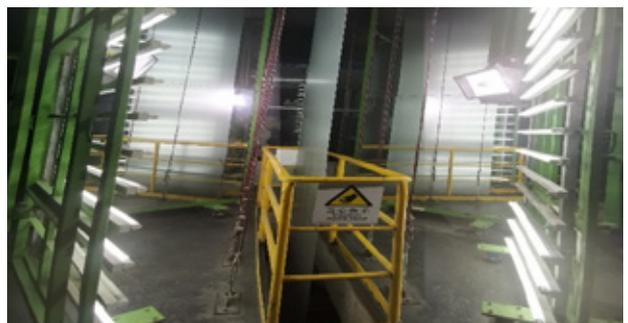
利用 5G 基站功率大，最优覆盖距离推荐 500 米以内，高上行带宽，每小区提供 200Mbps 以上稳定上行带宽和业界最领先的双发选收技术保证 PLC 控制时延稳定在 100ms 以下等技术优势很好的解决了。室外环境网络覆盖和传输时延的问题，实现远控堆料机改善工作环境，提高工作效率。

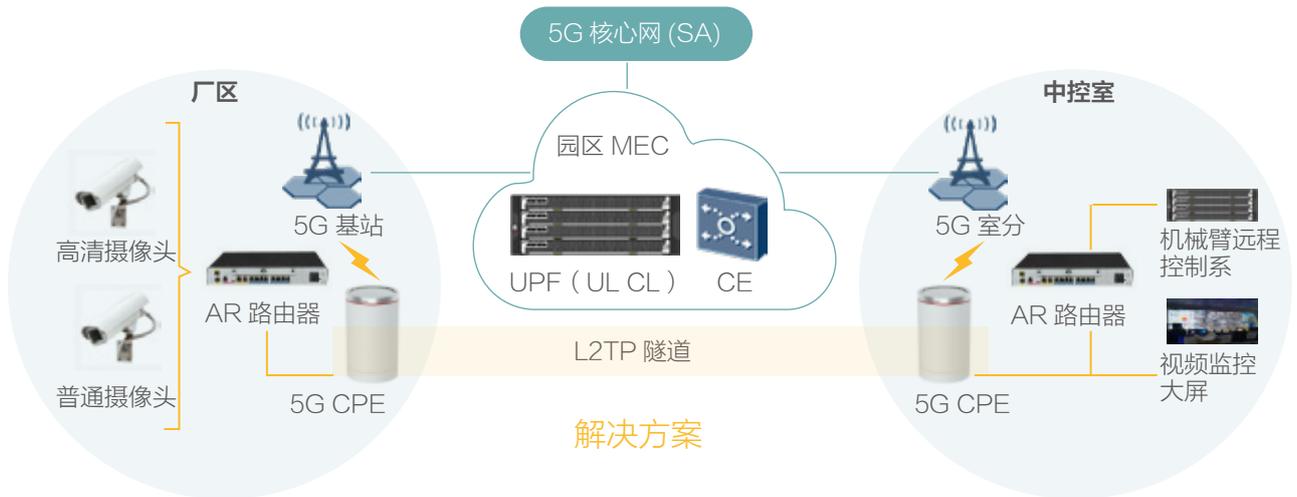


03 智慧远控场景：5G 自稳定远控天车

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，且存在高温、高噪音、高粉尘腐蚀、电磁干扰等问题。为了提高效率，消除作业风险，发展远控天车系统已是必然趋势

针对现状存在的问题以及无线环境，综合考虑现场情况（如：遮挡物、金属结构屏蔽）、无线网络信号覆盖要求、并发接入量及访问速度、数据安全、后期扩展、建设成本等因素，依赖 5G 大带宽、低时延、高可靠，实现高清视频远程监控，5G 多视角远程控制天车，实现了过去需要 3 人配合，现只需 1 人即可完成单次吊运工作，减少用工 60%，改善工作环境，解决招工难问题，20 分钟一吊提高至 5 分钟一吊，装卸效率提升 400%





04 智能运维场景：5G 数据采集及预测性维护

传统的设备运维，需要每天 3 个班次例行排班进行点巡检，手工记录几千台设备的各类运行状态，对点检员的责任心、经验依赖非常中，通过 5G 网络进行数据采集，设备传感器一天就可以完成部署和数据上线，我们重要设备，例如轧机、风机、卷扬机等，实现了 24 小时在线监测，整体运维的效率提升 30%，AI 诊断的准确率超过 85%，保障了生产的连续性，可以极大的避免因为设备故障导致的意外停产。



05 智能运维场景：AR 远程辅助装配

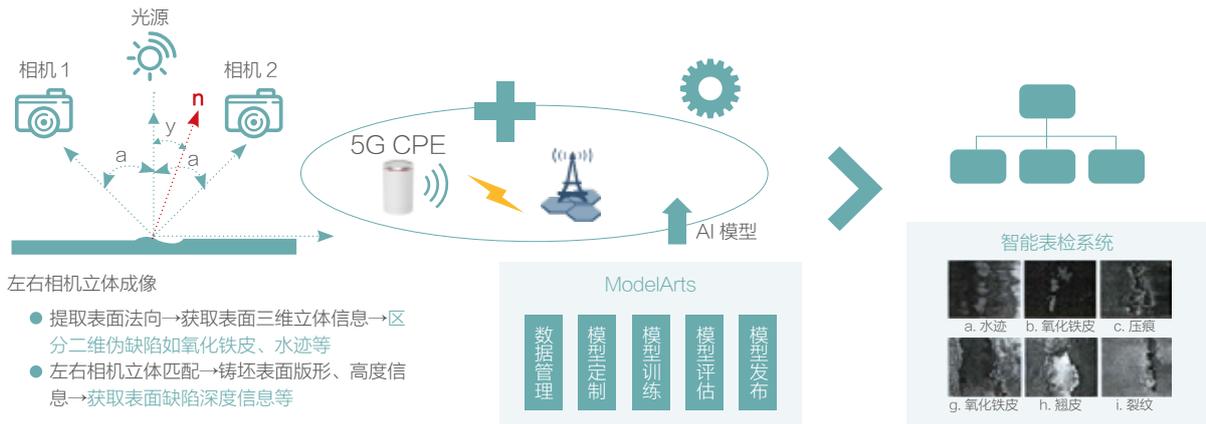
5G+AR 跨国远程协同是在柳钢集团的首次运用，以前调试和维修进口设备，外方工程师必须要到现场，不仅时间长、成本高，还会影响生产效率，利用 5G+AR 的第一视角、实时标注、音视频互动交流，实现前后方无缝衔接，成功的解决了这一难题。5G+AR 的应用，也对推进柳钢集团多基地高效协同和加强优势资源共享也有积极的借鉴意义。





06 智能视觉场景：5G+AI 焊缝“云眼质检”

冷轧厂有3条焊接线，3~5分钟左右焊接一次，之前主要通过人工肉眼观察焊缝的外观缺陷，存在误差大、工作强度高、人力成本高等问题，并且无法对焊缝质量进行图像记录和追溯。焊缝云眼质检，通过5G视频实时采集图像，通过AI实现24小时在线自动检测，不仅人员成本下降55%，识别准确率还提高了40%，焊缝质量可记录可追溯。



07 智能视觉场景：钢卷 ID 自动识别

钢卷 ID 是钢卷在生产过程中的重要标识，用于进行质量跟踪。传统模式通过人员手动记录，效率低，同时无法在整体流程中跟踪钢卷，而且产线布线困难等问题，通过5G实现业务快速上线，在产线部署4K AI摄像头，对钢卷ID进行读取，通过5G网络回传数据到生产系统并对钢卷ID进行实时记录，降低部署成本和提供工作效率。



经验总结与后续计划

钢铁行业，要从“制造”向“智造”转型，5G联接是基础、云是重要载体。“柳钢5G+智慧工厂亿元级标杆应用落地项目”，正是通过“5G+AI+应用”新架构，使能钢材表面质检、远控天车、智能预测维护，AR远程协同等新场景，助力柳钢解决产品质量、生产效率、招工等方面的难题，从而打造技术领先、柔性生产的5G智慧工厂。

要洞察更广的行业趋势，锁定更大的机会空间，创造更多的转型价值，实现从“分蛋糕”到“做蛋糕”的转变，需要深谙行业痛点，围绕生态系统凝聚共识，聚合多种能力，首先以顶层设计为抓手，找准场景，基于客户战略性业务，解析出客户的业务场景需求，即“价值发现”，而“创新使能”的关键在于坚持“5G优先”，以网络赋能应用创新，持续优化适配方案。

5G+ 智慧矿山

矿产资源是地壳在其长期形成、发展与演变过程中的产物，是自然界矿物质在一定的地质条件下，经一定地质作用而聚集形成的。不同的地质作用可以形成不同的矿产。矿产资源有几个特点：1) 非可再生性，任何一种矿产资源，其储量都是有限的，并且具备一定的不可替代性。2) 开采难度大，大多数矿产资源的形成都需要特定的地质环境，开采时也容易造成生态环境的破坏。3) 分布不均衡，而且往往是生产力发达的地方矿产资源少。

矿产资源开发一般都包括采矿、选矿和冶炼等工

业生产过程，不同的矿产资源、同一种矿产资源的不同矿区，采矿的方式也有所不同。常见的开采方式分为露天开采和地下开采两种方式，埋藏浅的厚大矿体多采用露天开采，埋藏深、厚度小的矿体多采用地下开采。露天开采的基建投资低，适合使用大型设备，生产效率高，生产成本低，矿石的损失率和贫化率小，作业条件相对安全，但并不是所有矿体都适合用露天开采，此时就需要采用地下开采，同一个矿区也可能在前期使用露天开采，后期转为地下开采。

目前，矿产资源开发行业面临的主要痛点有：

安全事故

采矿是一个高风险行业，一旦发生安全事故，往往造成重大人员伤亡。矿区往往是黑暗密闭空间，含氧量低，存在易燃易爆气体，发生事故后也难以逃脱和救援。例如，根据国家矿山安全监察局调查统计，2020 年中国共发生煤矿事故 123 起，死亡 228 人。由于安全风险高，越来越多的人不愿意从事井下工作，招工难、用工难问题也日益凸显。人的生命高于一切，因此采矿行业的头部企业都非常重视引入高新科技，减少井下工作人员或工作时长，对生产环境和生产过程进行智能感知和智能监控，增加井下通信设施、通信手段和定位能力，来尽量保证安全生产，并在发生事故的时候可以第一时间展开紧急应变和有效的撤离 / 救援。

环境污染和生态破坏

采矿业环境污染问题主要包括大气、水、土壤的污染，例如爆破和开采时产生的温室气体排放和粉尘污染，伴生元素释出造成的土壤污染，废水排放造成的地下水和地表水污染等等。另外，采矿也容易造成采空区的地面塌陷或下沉、山体断裂或滑坡、水土流失和土地沙漠化、破坏生物栖息地以及海水侵入等环境破坏问题。通过强化对采矿生产过程的监督，增加对环境的监控力度，提升开采的自动化和智能化水平，减少尾矿的比例，能够推进矿产资源开发和环境的协调发展。

生产环境动态复杂

采矿的生产环境往往十分复杂，且每时每刻都在动态变化中。例如地下开采时，生产环境需要根据地质构造进行设计和调整，掘进面往往每日前进 5~10 米，综采面则往往每日回采 8~10 米。智能化采矿设备和相关基础设施需要支持灵活部署、自动配置、可移动性、可远程管理等特性，并且需要适应相应的生产环境，例如防尘、防爆、防震、防水、抗高温等。

低效率和高成本

近年来，采矿业需求增速放缓、环境制约要求趋紧、生产和管理要素成本上升、矿产品价格处于下行周期，例如 2020 年全球煤炭消费量下降了 4.2%，属于六年来第 4 次下降；而煤炭价格（中国秦皇岛现货）在 2020 年下降了 3.25%，和 2011 年的高点相比则下降了 34.7%。采矿业亟待强化与新技术的融合创新，推动采矿业提升产业层次，优化生产工艺，减少浪费，节约能源，降本增效，增强竞争优势，加快高质量发展。





随着 5G 等各种高新技术的引入，采矿设备逐步向大型化、自动化和智能化方向发展，采矿方法逐步向规模化、连续化和少人化方向发展，生产装备不断改进，生产工艺不断优化，生产效率不断提高，生产成本不断降低，安全系数不断提高，环境污染不断减少。2021 年是 5G 赋能采矿业数字化智能化转型的开局之年，积极引入数字技术、信息技术和智能技术，有助于采矿业高质量安全发展，建设绿色矿山和无人矿山，并提高矿产资源开发保护水平。

5G 网络具有速率高、容量大、时延低、可靠性高、安全性高、定位精度高、部署灵活等特性，能够实现实时高清视频传输、低时延远程控制、快速高精度定位、实时信息交互、自动化网络配置和智能化运维，同时避免了有线网络工期长、费用高、调整难度大、容易断裂等问题和 WiFi/4G 网络覆盖不好、容量不足、时延不够低等问题，是智能矿山的重要使能技术。5G+ 智能矿山的典型应用场景主要包括：

5G+ 智慧矿山的典型应用场景包括：

将 5G 工业模组与采掘传输装备深度融合，实现关键大型装备对 5G 通信的支持；部署基于煤矿 5G 网络的生产实时性控制平台和调度指挥系统，实现煤矿采掘和生产中各类信息的实时交互和远程控制，减少现场作业人员。

部署 5G 智能头盔、传感设备、监控设备、巡检机器人和救援机器人，实现井下可视化通信、实时高清视频传输、环境监测数据采集、井下人员及装备定位，实现安全巡检、污染监控、灾害预警和灾难救援。

无人矿卡的自动驾驶。5G 赋能高级驾驶辅助系统，开展矿山无人驾驶系统建设与应用，实现可编队运行的无人矿车，有效解决车辆自动避障、跟车、会车及自主路径规划等问题，从而大幅提高效率和降低成本。



智能采掘与生产控制



环境监测与安全防护



无人矿卡的自动驾驶

这些应用场景都需要首先构建一张能够在矿山高粉尘易燃易爆恶劣环境下工作的 5G 精品网络，并积极部署 5G 网络切片、边缘计算、企业专网等 5G 独立组网特性和上行载波聚合 / 上下行解耦、回传一体化 (IAB)、低时延高可靠、高精度定位、智能运维等增强技术，以满足矿山安全高效高质量智能化生产的需求。在后面的案例中，详细阐述了这些 5G 应用场景的实现方案 and 实际效果，例如四川攀钢矿业对钻机、电铲等井下设备进行远程控制改造，通过远程座舱向井上的驾驶员反馈车身倾斜和震动等状态，实现“一键操作”、“广角视频”和“沉浸式体验”，在无人化的同时实现了智能化；山西吕梁鑫岩煤矿全面引入各种环境监测与安全防护手段，大规模减少井下值守人员，让矿工远离危险和恶劣的工作环境，让家人和社会安心；在矿山封闭区域的无人矿卡自动驾驶也在四川攀钢矿业、吕梁鑫岩煤矿、内蒙古准能集团、河南焦煤集团等企业进行应用，这一场景往往还配合使用 5G 无人机进行高精度 3D 地图的测绘来实现对矿山环境和路线规划的及时更新。由于矿山的环境往往比较复杂，在煤矿采掘工作面、拐弯、上山 / 下山、起伏、死角等复杂场景下使用中高频段难以实现井下 5G 全覆盖，中煤大海则煤矿开始尝试引入 700MHz 频段与中高频段融合组网，在降低建网成本的同时提升了覆盖效果，这是近期出现的一个新趋势，值得业界关注。



扫描二维码下载案例

吕梁鑫岩煤矿 5G 智慧矿山项目

“鑫岩煤矿 5G 环网自 2020 年 11 月初投入使用以来，一直运行正常，实现了全天候井下智能工作面远程采煤。原本“脏、苦、险、累”的井下工作，现在变成了在办公室动动手指就能完成的工作，全面改善了矿工的工作环境。2021 年我们将继续拓展 5G 通讯的应用领域，本着经济实用的原则，实现 27 个子系统的 5G 承载，使矿井大数据得到高效传输应用。2022 年要做到 5G 人员定位上线、5G 切片规模应用。继续完善 5G+ 智能化建设，实现矿区全面感知、全面智能化控制，建成国内 5G+ 矿山的新标杆。

邓成军 吕梁鑫岩煤矿董事长

合作单位



案例综述

鑫岩煤矿隶属于吕梁东义集团煤气化有限公司，可采储量 16099 万吨，矿井核准生产能力 240 万吨 / 年。5G 发展伊始，鑫岩煤矿就积极响应国家号召，积极拥抱 5G+ 智能矿山建设，希望通过 5G+ 智能化实现安全、少人、提效的目标，最终实现安全、生产、管理的智能化，实现企业数字化变革，提高企业盈利能力。鑫岩煤矿是全国首批实现井下全覆盖的矿井之一，2020 年被选为首批国家智能化矿井示范单位。

2021 年 6 月，鑫岩煤矿以一期 5G 网络与应用建设项目为基础，加快智能化子系统与 5G 网络的融合建设，启动 9 大智能化子系统 5G 融合建设项目，2021 年 11 月已完成项目建设进入验收阶段。在项目建设上线过程中联合山西移动、华为公司、山源科技等生态伙伴推进 5G 网络组网优化，孵化适配矿山行业的规建优服务；5G+ 智能矿山业务开始由“开的通”向“用的好”转变。

行业挑战



安全生产是煤炭企业的 第一要务，煤炭百万吨死亡率 2018 年 0.093，2019 年进一步下降到 0.083(死亡事故 170 起、死亡 316 人)，仍是美国的 5 倍，澳大利亚的 11 倍，处于世界产煤中等发达国家水平。如何利用移动通信技术，改善劳动生产环境，减少下井人员降低生产安全事故。



招工难 用工难

当前，煤矿行业平均用工年龄 45+，因危险因素多、工作环境差、劳动强度大、工作时长等因素，招聘年轻人难度逐年增加，5-10 年可能面临无工可用情况，而煤矿行业当前仍是我国能源支柱产业，如果通过智能化手段以及移动通信技术解决行业用工问题。

集中管理难

煤矿采掘机运通各系统分布在长达几十公里的井下隧道中，井下交通、运输、调度困难，很多场景靠步行，为了监测人、机、环各类生产以及安全数据，当前主要采用人工抄表，现场操作方式，效率低实时性差，如何解决分布在井下各处的生产系统集中操作问题，降低工作量，提升工作效率。

网络系统 七国八制

井下之前为配合不同生产、通讯、管理系统建设了承载不同业务系统的多种制式的多个网络，5G 当前具备通过一张统一的网络承载不同类型的业务需求能力，解决多种网络系统运行维护难的问题。

解决方案和价值

由于煤炭行业不同系统对网络的要求差异巨大，且行业对系统以及网络的安全性、可用性、稳定性要求极高，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：

应用层面，wq 推进智能化应用与 5G 融合，稳步推进矿山智能化：瞄准行业痛点，联合山西移动以及华为公司以及 OT 生态厂家，上线 8 大智能业务子系统，使 5G+ 智能矿山切实解决煤矿实际生产中实际问题。

网络层面，推动网络关键特性落地，加速网络适配行业：联合山西移动以及华为公司首发高可用 MEC “风筝方案”，与山西移动、华为、山源以及行业 OT 生态厂家实现各子系统固定场景下的 5G 与环网主备能力。

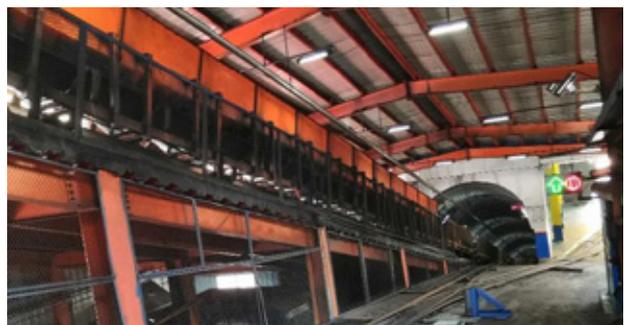
服务层面，孵化规建优集成服务，建立业务与网络融合的桥梁：联合山西移动与华为，基于 8 大智能业务子系统上线，孵化规建优集成服务，通过技术手段解决了行业业务需求与网络握手问题，通过明确的业务需求规划网络，保障网络最终可用性与稳定性，最终使网络与应用服务好行业，解决行业业务问题，创造实际价值。

基于统一的 5G 网络，吕梁鑫岩煤矿 5G 智慧矿山项目主要开展了以下 8 个方面的 5G 应用探索：

01 主斜井提升机监控系统

主斜井主要通过绞车运输物料，最大提升、下放重量 50 吨；该系统通过 5G 实现提升机的运行控制、各部件系统的运行信息和状态监控等。

价值 无人值守，减员现场绞车司机 8 名。



02 电力监控系统

变电所属于井下供电系统，主要由高压开关、低压开关和移动变电站组成；该系统可通过 5G 读取和控制高压 / 低压开关实时状态，并视频监控井下变电所室内状况。

价值 无人值守，共减员现场值守人员 8 名。



03 副井绞车远程监控系统

副立井通过罐笼实现提人、提物，提升重量 7.5 吨；该系统可通过 5G 实现绞车自动启停运转，将罐笼提升、下放到指定位置，并实时监测绞车运行的状态。

价值 无人值守，共减员现场绞车司机 5 名。



04 副井绞车远程监控系统

无极绳绞车以循环钢丝绳牵引矿车、平板车等运输设备，实现物料及大型设备远距离运输；该系统可通过 5G 实现绞车远程控制、定位，运行实时画面监控。

价值 无人值守，共减员现场绞车司机 12 名。





05 猴车远程监控系统

猴车通过驱动轮和钢丝绳作循环无极运行,矿工乘坐吊椅实现长距离运送。该系统可以通过5G远程对猴车进行启动、停车、预警等操作,并实时监控运行状态。

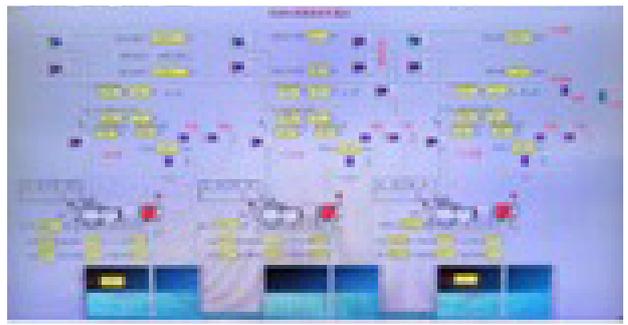
价值 无人值守,共减员现场值守人员8名。



06 水泵房排水系统

鑫岩煤矿井下主排水自动化系统有水泵3台,两用一备。设计了一种基于西门子S7-300PLC以及iFIX组态软件的井下排水集控系统。该集控系统可根据水位变化按照设定高水位自动启泵排水,低水位自动停泵全自动运行。实现远程集中控制,一键启动和一键停止功能。发生故障及时发出语音报警自动倒机功能。上位机通过iFIX组态软件显示实时数据,从而达到井下排水无人值守。

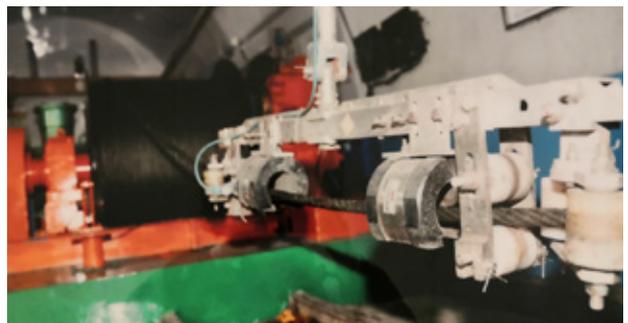
价值 可实现无人值守,减员现场值守人员2名。



07 副井绞车远程监控系统

无极绳绞车以循环钢丝绳牵引矿车、平板车等运输设备,实现物料及大型设备远距离运输;该系统可通过5G实现绞车远程控制、定位,运行实时画面监控。

价值 无人值守,共减员现场绞车司机12名。



08 无人电机车

有轨电机车，主要用于井上井下物料运输；无人电机车系统通过 5G 回传周边环境与运行状态，实现远程启/停、加/减速、鸣笛、照明等操作。可实现自动驾驶、远程驾驶以及手机终端控制驾驶。

价值 每套减员现场电机车司机 1 人。



经济效益

从煤炭企业角度讲，5G 网络与智能化应用子系统建设可降低人力投入，在部署 5G 后，采矿工作效率提升了约 10%，矿石产量增加。综采队人工成本约为 15 万/人/年，直接节省 975 万/年。

从 OT 角度讲，促进了智能化子系统的市场发展，按照每智能化子系统平均 60W 计算，复制 30 个矿可实现增收 1.4 亿。

从 5G 行业角度讲，规建优服务的孵化，在降低 5G 与行业融合难度的同时，将拓展项目服务占比，做大 5G 服务整体蛋糕约 15%。

社会效益

从行业以及企业角度讲，通过智能化子系统建设实现了部分岗位井下少人、无人或降低工作量诉求。部分工作岗位可以在井上实现集中监控与操作，井下设备状态可在集控中心统一监控与管理，实现井下“少人则安，无人则安”。同时，井上舒适的工作环境将为行业人才引进提供便利条件，提升行业岗位竞争力，蓝领变白领的同时，让矿工远离危险和恶劣的工作环境，让家人和社会安心。

此外，鑫岩煤矿通过 8 个子系统上线孵化的规建优服务，为煤炭行业和 5G 融合提供了坚实的后盾，让 5G 和行业应用“加”出新动能。

经验总结与后续计划

“多方得利”才有助于解决 5G 行业应用落地难的困局。审视鑫岩煤矿成功的背后，运营商中国移动与设备商华为的协力参与，成为项目推进的重要因素。该项目中国移动山西公司于 2020 年 7 月通过公开招标方式成功中标鑫岩煤矿 5G 通讯系统项目后，第一时间派驻了团队来到煤矿，并在 3 个月后就完成了全部 55 套设备到货、安装、开通，建成了鑫岩煤矿井上井下一体化 5G 专用网络。同年 11 月，鑫岩煤矿便通过中国移动 5G 专网链路实现了井下智能工作面远程开采，单班安全生产 11 刀煤，开采约 1 万吨煤，完全实现全天候通过中国移动 5G 专网远程控制生产。同时华为也同样协同鑫岩煤矿、中国移动，参与了项目需求的探索创新。2021 MWC 上海期间，华为与山西移动、鑫岩煤矿联合推出了 5G to B 公网专用风等方案，三方在服务创新上进行了业务画像、快速集成、

协同优化等工作，精准测算并将各业务系统对 5G 网络的需求转换为网络规划，标准化了煤矿的场景集成实施，保证了网络速率、时延、可靠等关键指标适配业务。

本项目井下 5G 一张网的基础上实现了各类智能化子系统的应用的上线，实现了 5G 建设从“铺路”到“跑车”的跨越，并在子系统业务上线过程中，推动了 5G 网络演进以及行业服务能力的孵化。从行业以及鑫岩煤矿角度看，5G 与智能化应用融合，才刚刚迈出第一步，距离行业智能应用百花齐放还有很远路要走。鑫岩煤矿三期将继续聚焦行业应用于 5G 融合，继续深入推进智能矿山建设，规划包括掘锚一体的智能化掘进面在内的 19 个 5G 智能化应用上线；同时在线上过程中将继续推进网络演进与功能优化，完善规建优以及后续运营运维服务体系，为 5G+ 智能矿山行业添砖加瓦。



扫描二维码下载案例

内蒙准能集团 5G+ 智慧矿山应用实践

“当前，自治区正在推进煤矿智能化建设三年行动方案，准能集团黑岱沟和哈尔乌素露天煤矿是国家首批示范煤矿，我们正在大力推进5G、无人驾驶和远程控制等规模应用实践。本次与中国电信合作，将5G应用于助力我们准能公司“1217”发展规划，为构建安全、高效、绿色的智慧矿山提供有力支撑。

杜善周 国家准能集团党委书记、董事长

合作单位



案例综述

内蒙国能准能露天煤矿是集煤炭开采、坑口发电及煤炭循环经济产业为一体的大型综合能源企业，集团拥有年生产能力6900万吨的黑岱沟露天煤矿（亚洲最大）和哈尔乌素露天煤矿及配套的选煤厂、煤研石发电厂、工业化中试工厂等。按照国家推进煤矿智能化建设的政策要求及行业发展趋势，准能集团于2021年中旬对“5G+智慧矿山应用实践”项目。

本项目目前处于交付实施阶段，应用侧针对黑岱沟、哈尔乌素两个矿区共200余台矿卡、40台电铲及1000台辅助车辆进行无人驾驶和远程操控技术研发，并通过网络侧新建的103个5G宏站实现应用落地。通过将5G、AI、高清视频、大数据、云计算等新兴通信与计算技术应用于智能矿山建设，实现准能矿山生产环节的智能感知、泛在联接和精准控制，催生成熟多个5G+应用场景，如无人驾驶、远程控制、智能采煤、智能巡检等，实现露天矿山生产本质安全，提升生产运营效益。

同时，在5G网络建设部署过程中攻克的5G通信网络在特大型露天矿山场景下的应用、5G超级上行技术在特大规模露天矿山领域的应用、5G基站周期性迁移和网络优化等网络运营维护技术的应用、无光缆和无供电场景下的5G基站+站点能源的应用等众多技术方向，将形成露天矿山场景下5G+建设的“规建维优”基线方案，并可在煤矿、水泥等行业的5G+建设中形成规模复制，助力5G+应用扬帆起航。

中国电信集团有限公司内蒙古分公司党委书记、总经理谷红勋表示：非常荣幸这次能与准能集团合作，在亚洲最大的露天矿建设5G网络，以满足无人驾驶和远程控制的场景需求。中国电信一致致力于助力自治区企业的数字化转型，针对性地推出了5G定制网的“比邻”和“如翼”模式，支撑智慧矿山建设。未来，我们将与准能集团共同深入挖掘5G在矿山的应用，全力助力准能战略达成。

行业挑战

准能露天煤矿现场恶劣、复杂的生产作业环境导致职业病比例和安全事故次数居高不下，同时，落后、粗放的管理方式导致生产运营成本远高于其他矿业大国。为了实现现场生产作业的本质安全，提升运营效率，吸引年轻高精人才进入企业工作，煤矿行业亟需通过新兴通信与计算技术进行智能化改造升级。

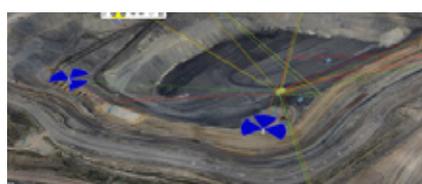
准能露天煤矿现场采掘工艺流程主要包括穿孔、爆破、剥离、采煤、矿卡运输、破碎、皮带运输等作业环节，众多作业环节需要通过钻孔机、电铲、勾机、矿卡等核心生产设备和装载机、平路机、推土机、清洗车、起重机等其它多类辅助生产设备配合完成。复杂多变的地理环境、不同区域环境下生产作业设备类型和数量的不同以及业务应用对网络指标的高 SLA 要求导致 5G 网络的规划、建设、维护和优化相比于传统大网模式难度更大。

解决方案和价值

本项目构建了当前全国乃至全球最大的露天矿 5G+ 应用，并通过在网络方案、服务交付等多个领域进行创新，从而具备了行业领先优势：

01 5G 定制网“如翼”模式最大规模项目

通过在准能集团黑岱沟煤矿、哈尔乌素煤矿各下沉一套 5G 核心网，实现 103 套 5G 宏站网络信号稳定、安全、可靠回传，满足 200 余台矿卡、40 台电铲及 1000 台辅助车辆对无人驾驶应用平台地低时延访问，同时支撑矿区在未来五年内智能化改造对网络容量的需求。



02 国内首次使用无人机 3D 高精度电子地图数字底座实现精准网络规划

通过无人机采集矿区高清影像及精准渲染重建技术构建实景 3D 模型，在此基础上结合业务应用容量精算及上行确定性速率仿真技术实现矿区 5G 网络的精准规划，解决传统人工踏勘难度大、精确度低的问题。

03 国内首次使用超级上行技术解决无人驾驶、远程控制等业务应用对大上行带宽的需求

通过在准能集团黑岱沟煤矿、哈尔乌素煤矿各下沉一套 5G 核心网，实现 103 套 5G 宏站网络信号稳定、安全、可靠回传，满足 200 余台矿卡、40 台电铲及 1000 台辅助车辆对无人驾驶应用平台地低时延访问，同时支撑矿区在未来五年内智能化改造对网络容量的需求。

04 国内首次使用拖曳式智能液压升降塔解决露天煤矿通讯基站频繁搬迁问题

通过在准能集团黑岱沟煤矿、哈尔乌素煤矿各下沉一套 5G 核心网，实现 103 套 5G 宏站网络信号稳定、安全、可靠回传，满足 200 余台矿卡、40 台电铲及 1000 台辅助车辆对无人驾驶应用平台地低时延访问，同时支撑矿区在未来五年内智能化改造对网络容量的需求。



05 微波回传与油电混合方案

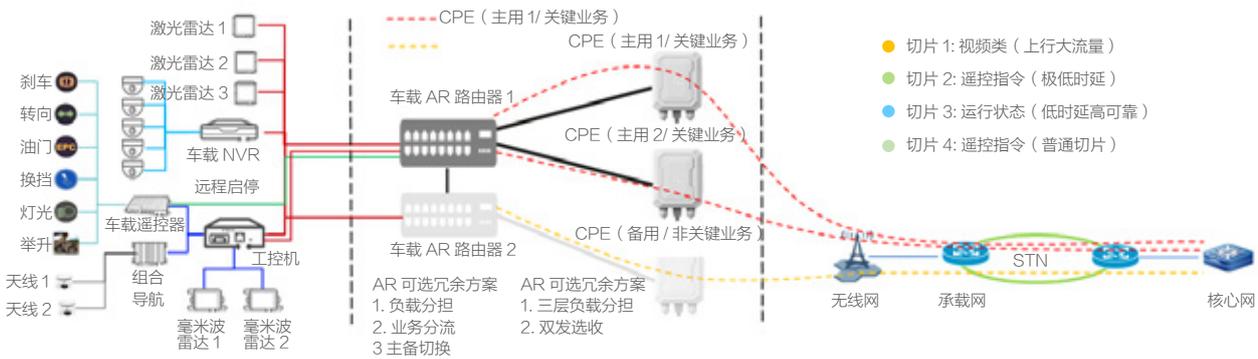
对于矿山无法引电和部署光缆的场景，本项目创新性引入了微波回传方案和油电混合方案。通过微波代替原有的光缆将 BBU 处理后的信息回传至承载网络。而且，微波和光缆一样能够环路组网，任意一条路由网络故障后，业务均能从另外一条路由进行传输，保证传输的可靠性。针对部分区域无法引电的问题，采用油电混合方案，油机和蓄电池交替供电，既解决无市电问题，又比传统油机房更省电、设备使用寿命更长。





06 切片技术满足不同业务的端到端隔离保障体验

针对不同业务流对网络指标的要求不同，例如，视频类业务流对上行带宽保证要求较高、操控指令类业务流对时延较为敏感等，可将不同类型的数据流划分至不同网络切片中，保证业务流的安全、稳定传输。



07 双管理平台保证终端、网络高效运维

为了保证矿山现场大量的智能终端能够高效运维，矿卡健康管理平台能够主动感知故障和安全事件，从而保障车辆和无人驾驶系统的安全、稳定、可靠运行；而 5G 网络自我管理平台能够快速发现网络问题，减少因为网络故障导致的生产中断时间，支撑应用定制开发和网络高效运维。



经验总结与后续计划

成功经验

- 1 端侧应用的精确业务画像是支撑 5G 网络精准规划的关键输入；
- 2 网络规划设计需考虑落地实施的可能性，to B 网络规划需基于具体行业场景适配定制的网络方案；
- 3 项目交付阶段需要及时识别风险，并拉通多方形成风险应对方案，保证项目交付质量。

后续计划

- 1 3D 室内建模：根据多视角点云的数据匹配技术构建准能办公楼、矸电厂等室内环境的 3D 实景模型，与室外 3D 高精度实景模型一同构建准能矿山现场的高精度地图数

字底座。基于该数字底座，可实现 5G 网络的精准规划与优化，同时数字底座提供的 SDK 插件可对接矿上不同的子系统平台，例如人员车辆定位子系统、地质测量软件等，实现不同子系统的立体化展示；

- 2 视频定位：基于视觉定位技术构建分米级定位，实现矿区爆破区、传送带等危险作业区域的电子围栏监控功能
- 3 智能化管理平台：通过工业互联网平台建设，将矿区不同生产子系统间数据进行格式标准化，解决矿上生产数据孤岛的问题，更好地挖掘不同生产数据的价值，提升管理、运营效率；
- 4 边缘云：通过矿区数据中心机房边缘云建设，节省硬件设备投资，降低本地运维难度，并实现新业务、新应用的快速部署上线。



焦煤干业水泥 5G 绿色无人矿山

“ 河南能源焦煤集团联合河南移动、跃薪时代打造了河南省第一个 5G 绿色无人矿山。通过移动 5G 专网，焦煤干业水泥矿区实现了远程操控和无人驾驶，有效提升了整个矿山的生产效率，并大大节约人工成本；此外，人员伤亡降至零，这对矿山来讲是命脉，一旦出现了安全事故，停工停产甚至关门，损失在千万级以上。在 5G 等新技术的推动下，传统的矿山行业走向了一条高质量，可持续发展的康庄大道。

肖战定 焦煤干业水泥有限公司总经理

合作单位



案例综述

2019 年，焦煤集团联合跃薪公司、河南移动响应国家号召，率先启动了 5G+ 绿色无人矿山建设，真正实现了露天矿产区铲、装、运的全程无人操作，使非煤矿山生产的安全性、开采效率、资源利用率得到大幅提升。焦煤 5G 无人矿山项目二期工程共建投入 14 个 5G 基站，2019 年 11 月底完成一期 5 个 5G 基站的建设；2020 年实现 60 台无人车的 5G 无人驾驶，13 台控机 10 台钻机的 5G 远程控制等应用。该项目是全国第一个基于 5G 的绿色无人露天矿项目。该项目目前已完成一期建设，二期将重点规划使用 OnePOWER 工业互联网平台进行顶层设计。

行业挑战

智慧矿山涉及装备、网络、检测、数据、管控等技术，需要多学科、多技术创新与相互交叉的解决方案。涉及多个平台的数据需要标准化，以便实现数据挖掘与分析，及可视化，避免信息孤岛导致的烟囱式管理。我国是一个矿产资源大国，矿业在我国国民经济中占有重要地位。矿产行业要求机械化、自动化、信息化和智能化，其中，高品质的网络服务是“四化”的基础，能够助力实现矿山的“四化”建设，响应无人矿区的政策要求。智慧矿山在国内的应用示范、落地与商用复制推广，将深化能源供给侧结构性改革。

目前整个行业一是安全生产存在风险，2019 年，中国煤炭百万吨死亡率为 0.083，是美国的 5 倍，安全水平仍有较大改进空间；二是生产过程能耗较高。矿山开采

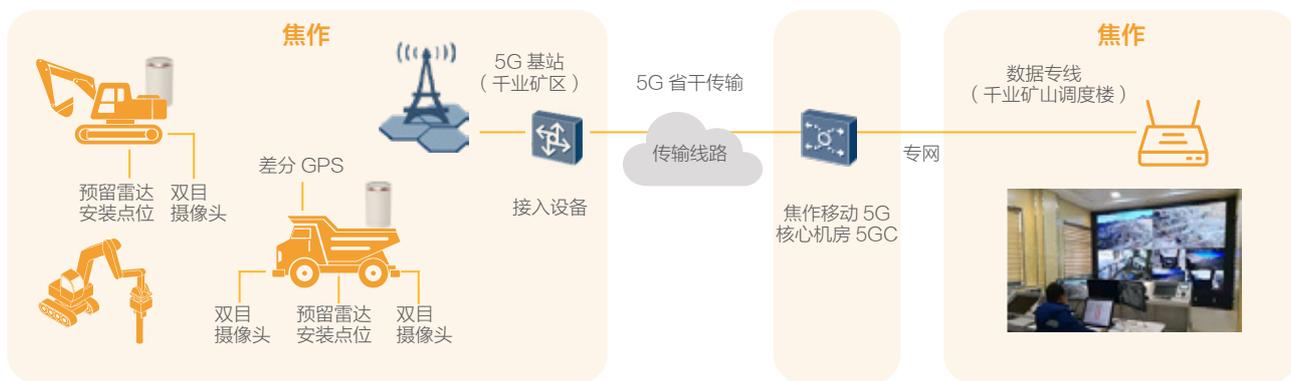
和运输主要依靠柴油车，消耗大量油料，因而成本较高，同时污染排放超标；三是人力成本居高不下：面临招工难、人员流失的问题。每辆矿车配 2 名，人力成本是 16 万 / 年，造成人力成本居高不下。四是智能化应用相对落后。目前仍主要靠人工作业，亟需机器换人，通过新技术，智能应用，提高生产效率。根据相关调研，全国矿区司机平均年龄在 45 岁以上，且老龄化趋势日益明显；矿区温差大、工作方式枯燥，长期驾驶存在安全隐患，年轻司机从业意愿低；每年矿区用在运输、设备维修和人工的费用占其生产成本的 50%~70%。安全、效率与成本是传统矿区的三大痛点。基于三大痛点，催生了无人矿卡的诞生。



解决方案和价值

网络规划

一期建设已经对干业石料厂无人矿区建设 5 处 5G 站点，其中新建 5 个 5G 宏站；投资包含主设备及辅材、天线、施工费、设计费、监理费、安全生产费、环评费等。土建、铁塔、配套费用，铺设基站传输线路，新建通信线杆。二期规划将按照开采进度在干业石料厂无人矿区建设 9 处 5G 站点，其中新建 4 个宏站；投资包含主设备及辅材、天线、施工费、设计费、监理费、安全生产费、环评费等，9 个站点土建、铁塔、配套费用，基站传输线路，配套维护费；线路、主设备维护费等。



01 5G+ 远程挖掘操控

采用 5G 专网尊享模式，将远程控制的传输时延降低到 30 毫秒以内，有效避免操控出现卡顿，实现了挖掘机的实时远程控制。



02 5G+ 绿色无人矿卡自动运输

运用 5G 专网 + 边缘计算 + 北斗定位，将定位精度控制在 20 厘米以内，大幅提高无人智能车辆运输速度。有效解决人员作业安全、车辆定位精度低、易损坏以及污染排放等问题。



03 5G+ 无人车自动编队运行

利用 5G 网络超高速率超低时延特性，基于 v2x 车联网技术，融合车载轮速传感器、惯导系统、激光雷达和机器视觉等多源信息。有效解决车辆自动避障、跟车、会车及自主路径规划，保障各车辆安全有序行驶。



04 5G+ 无人机精准测绘

通过 5G 技术实现三维数据实时回传，做到快速进行分析、判断和决策。有效的解决了传统靠人工进行测量出现的人力成本高、数据不及时，资料不齐备等问题。



项目创新点

亮点一 无人车的自动 编队运行

利用 5G 网络超高速率超低时延特性，基于 v2x 车联网技术，融合车载轮速传感器、惯导系统、激光雷达和机器视觉等多源信息，基于矿用卡车运动微分模型的航迹推算方法，实现了车辆自动避障、跟车、会车及自主路径规划，保障各车辆安全有序行驶。同时，综合考虑配矿计划、均衡分配、生产能力、故障状态、路径、排队情况等，构建多目标露天矿智能调度模型，并根据历史数据和经验数据提出了相应的进化优化求解算法，考虑设备利用率、运距、等待时间等因素，实现车铲协同作业的自动调度控制与全局优化。

亮点二 无人电卡的使用 实现 CO2 零排放

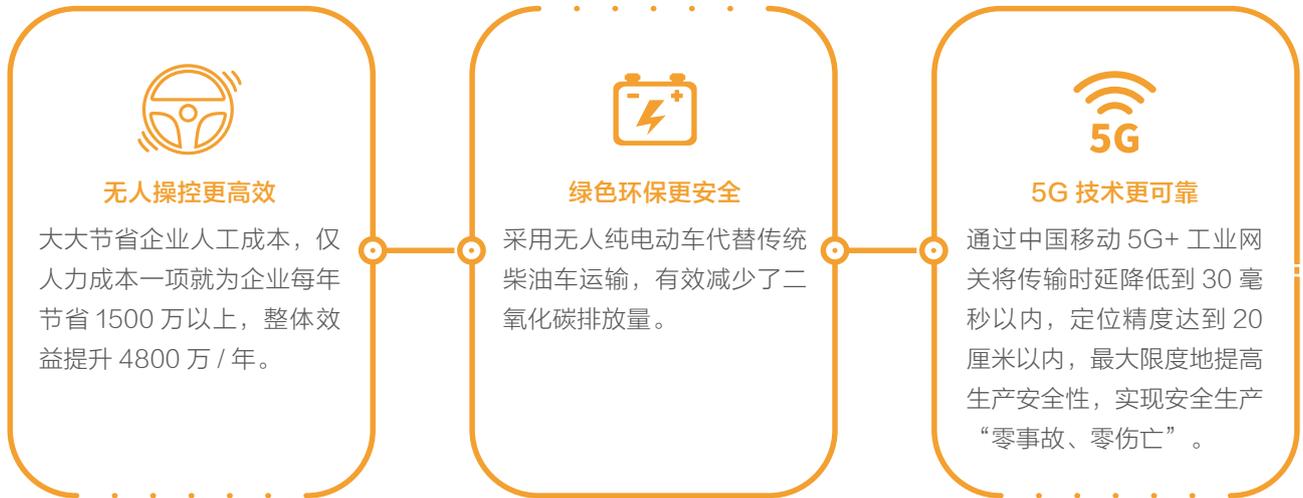
用纯电动代替传统柴油运输。同时结合露天矿运输的场景特点，上坡时空车，用电，下坡时是重车，反向为车辆充电，实现能量回收，循环利用。

亮点三 使用物联网公司 的 5G 工业级 工业网关

首次将物联网公司的 5G 工业级网关应用到矿车，实现高清现场视频实时传输，远程操控作业。相比于传统的 4G、微波网络，通信质量有了很大提高，定位精度大幅提升、降低信号响应时延，解决视频传输卡顿、操作人员眩晕以及车辆损坏等问题；



5G 对项目意义主要体现在以下三方面：



项目带动所有参与方围绕自己的领域进行深度的技术革新，有效推动了行业价值提升。绿色矿山方案直击露天矿行业痛点，彻底解决工人现场操作中高风险的难题，有极强的复制推广价值：一方面为我们公司带来 5G 行业口碑和经济效益提升；另一方面构建产业链闭环的生态圈，推动行业向高质量、可持续方向转型发展。按照焦煤年采 4200 万吨的开采规模，每吨矿石拿出 0.1 元的利润作为相关产业的服务费用就是 420 万，完全可以支撑起整个产业链发展。同时大幅增加就业机会，估计 2030 年，5G

将带动的总产出、经济增加值、就业机会分别为 6.3 万亿元、2.9 万亿元和 800 万个。

该项目打造的 5G 绿色无人矿山，让传统的矿山行业走向了一条高质量，可持续发展的康庄大道。主管工业的费东斌副省长要求：节能减排和双碳行动先从露天矿和水泥行业开始。政府和河南移动成立了专项小组，对全省 82 家露天矿逐个进行调研，目前已经达成意向 12 家，落地项目 8 个。

经验总结与后续计划

5G 项目已达到预期，通过 5G 技术实现挖掘机的远程操控和无人驾驶，实现矿区无人化、少人化作业。在攻坚过程中，解决了两大技术难题：一是远程控制的时延问题。要求时延不能高于 50 毫秒，传统的 4G 微波包括 WIFI 都在 80 毫秒以上，这样安全性就得不到保障，工人师傅长时间工作，会出现眩晕症状。通过抗震 5G 工业网关现在已经做到了 20-30 毫秒。工人操作的时间更长，操作也更流畅，更舒适了。二是无人驾驶的高精度定位。前期无人驾驶的平台程序部署在阿里云，网络对接和程序运行都存在问题，车

辆的安全性和稳定性都没有保障。目前我们将平台迁移到了本地，通过数据下沉，实现端到端的边缘计算，同时架设了从省核心网到控制中心的长途数据专线，确保数据回传的稳定性，将系统的定位精度达到了 20 厘米以内。远程挖机的低时延控制以及无人驾驶的高精度定位，这两项技术难题的攻克，在省内尚属首家。

后续该项目将重点规划使用 OnePower 工业互联网平台进行顶层设计，并探索更多 5G 应用场景深入到水泥生产环节中。



扫描二维码下载案例



扫描二维码观看视频

攀钢矿业 5G 远程采矿

“数字化转型是攀钢尤其是矿业公司未来发展的必由之路，该项目是公司矿山数字化、智能化转型的重要内容。在该项目中，我们采用 5G 及边缘计算技术与矿山工程技术融合应用，通过 5G 提供高效、稳定、高上行、低时延的广域移动网络支撑，实现钻机、电铲的远程控制，矿用自卸车的自动驾驶及远程操控功能，从而实现穿孔采掘运输设备远程智能化应用。该项目的最终目的不是把工人替换掉，而是改变作业模式，让我们的工人在更舒适的工作环境中、在更好的岗位上，更有尊严的工作。

黎一冰 攀钢矿业有限公司、企业管理部总经理

合作单位



攀钢



案例综述

四川攀西地区是中国乃至世界矿产资源最富集的地区之一，是我国第二大铁矿区，蕴藏着上百亿吨的钒钛磁铁矿资源，综合利用价值极高。长期以来，攀钢集团矿业有限公司下属的采矿作业区存在作业环境差、条件异常艰苦等困难，矿上工人周末才能回一次城区，年轻人不愿意到矿区工作。

基于攀钢矿业现状，2021年3月攀枝花移动联合华为、创远高新、伯镭科技等生态伙伴，为矿区打造了一套量身定做的 5G+ 智慧矿山解决方案。基于攀枝花铁矿露天矿场穿孔、采运管理现状，结合实际生产工艺流程，围绕本质

安全、降本增效等核心建设目标，针对作业面钻机远程操控、电铲远程操控、矿卡无人驾驶三个核心场景，在 5G 及边缘计算技术支撑下，解决露天矿采面工作设备远程操控及无人驾驶中的高清视频大带宽上行、控制指令低时延高可靠等问题，实现钻机、电铲的远程控制，矿用自卸车的自动驾驶及远程操控功能，并做好矿山传输基础网络及边缘计算资源支撑，为矿山设备及数据互联互通打下基础。项目建设包括钻机、电铲、矿卡装备改造、5G 网络建设、5G 边缘数据中心及远程操控中心、远程操控及自动驾驶系统等方面建设内容。

行业挑战

当前露天矿山采运工艺流程主要包括穿孔、爆破、铲装、运输等环节，其中穿孔依赖钻机进行中深孔打孔，爆破是在孔内填埋炸药并引爆，将矿岩破碎至一定程度，便于后续的铲装环节工作，铲装使用电铲进行矿料的装车，运输依赖矿用卡车在电铲完成装料后运往破碎站进行破碎后，

通过皮带运输至料仓。采运作业主要依赖于工人驾驶钻机、电铲、矿卡等移动装备完成作业，由于作业环境较为恶劣（高温、粉尘等），采面人员劳动强度大，工作危险性高，采运作业招工困难，同时由于设备的使用依赖于工人的经验，设备的综合利用效率也比较低。针对这些情况，近些



5G+智慧矿山

年，虽然通过社会化的方式解决了采面作业的部分运输工作，但一方面针对高价值的钻机、电铲等设备，仍旧需要有经验的工人在现场进行操作，另一方面，社会化方式只是暂时将问题进行了转移，未从根本上解决矿山采运工作的安全性、从业人员“老龄化”、“招工难”等问题，因此，矿山迫切需要新的解决方案。

针对矿山生产现场要求网络广域覆盖、并支撑移动装

备应用、且场景恶劣、复杂、多变的情况，现有的有线、无线网络技术均难以满足业务要求，无线传输基础网络支撑成为瓶颈，通过 5G 技术在露天矿穿孔采掘运输设备远程智能化应用，解决露天矿采面工作设备远程操控及无人驾驶中的高清视频大带宽上行、控制指令低时延高可靠，既是 5G 技术应用的刚需，也是实现露天矿采面工作“少人化、无人化”的必然选择。

解决方案和价值

露天矿采运远程智能化应用是一个复杂的系统工程，从架构层面，包含应用层，物理层、网络层、信息管理层。网络层、信息管理层作为复杂系统实现的基石，包括 5G 网络、5G 边缘数据中心两部分内容，应用层主要指远程操控及自动驾驶系统、物理层包含装备改造、远程操控中心两部分内容。如下图。



01 5G 专网建设

5G 网络由 5G 端侧接入设备、5G 无线网、5G 承载网、5G 核心网组成，方案需要基于业务低时延，大上行，高可靠和高安全等相关要求进行设计确定。5G 端侧接入包括传感设备、摄像头、控制器、工控机等自动化控制部件，以及 AR 路由器、5G CPE 等网络接入设备；5G 无线网即 5G 基站及其无线覆盖小区，通过 5G 基站覆盖矿区，实现矿山移动设备实时连接。5G 承载网采用 FlexE 物理隔离和 VPN 逻辑隔离的方式，实现业务安全，组网采用环形组网，实现高可靠性。5G 核心网包含矿区 MEC 和运营商 5GC 大网，在矿区新建 MEC，实现矿区业务低时延接入，MEC 部署在 5G 边缘数据中心一体化机箱/机柜。5G 网络提供项目所需的专网环境，提供 5G 网络规划设计及分析服务，提供基础的调测及网络维保服务，保障相关数据及控制指令的正常传输，为矿山设备及数据互联互通打下基础。

通过对矿山采面覆盖 5G 网络，新建边缘 UPF 下沉至矿山，连接攀钢 UPF 为备用，保障安全性。

02 5G 边缘数据中心建设

5G 边缘数据中心通过满足工业级标准建设一体化机房/机柜，集成 5G 网络及边缘计算基础软硬件资源，满足系统对生产数据的通信安全性和网络实时性诉求，支撑 5G 无人矿山智能化控制系统相关应用。

03 牙轮钻机（YZ-35B）装备智能化改造

YZ-35B 牙轮钻机通过远程智能化改造后，按需配置实现精准测深定位、自动调平、自动找孔、自动换杆、全自动作业、自动卷缆、等功能，减少人工现场操作定位不准确、钻孔耗时长、部件易损坏等问题。如行走过程自动收放缆、钻机全电控化并行控制及感知、钻机远程精确定位及本机姿态定位、实现钻机自动接卸杆操作、实现钻机自主钻进作业、实现孔口清灰作业等。

04 电铲（WK-4B）智能化改造

为实现电铲的远程操控，需要先对其进行线控改装，使得电铲能够接收电脑发送的控制信号，并将电铲产生的必要数据通过电脑传送至遥控舱。电铲整体改造方案包括电气化改造和智能化改造两部分。

05 矿卡（TR-60）智能化改造

矿卡支持人工驾驶、遥控驾驶与自动驾驶三种模式。人工驾驶的优先级最高，自动驾驶的优先级最低。自动驾驶过程中可通过远程遥控接管驾驶控制系统。为实现矿卡的遥控与自动驾驶，需要先对其进行线控改装，使得矿卡能够接收电脑发送的控制信号，并将矿卡产生的必要数据通过电脑传送至遥控舱。

矿卡改造分为线控改造和网络化智能化改造两部分。矿卡线控改装包括电源改装、灯光改装、油门改装、换挡改装、制动改装、转向改装和举升改装。矿卡网络化智能化改造包括矿卡作业监测、矿卡环境感知、智能算法支持、融合定位、避障检测和安全监控。

06 远程操控及自动驾驶系统

具体包括电铲远程控制系统、牙轮钻机远程控制系统和矿卡远程控制及自动驾驶系统。采集矿卡、电铲、牙轮钻机实时位置信息、状态信息和视频信息，提供控制、监控、预警、任务调度等功能。系统一方面基于中控系统实现牙轮钻机、矿卡、电铲设备的接入和监控，另一方面提供相关设备的远程遥控舱，实现对各类设备的远程实时操控作业。

中控系统提供高精地图、设备定位、安全监控、调度管控四个主要部分，各部分相互配合，形成稳定可靠的智能化采矿系统。同时，系统提供接口，可以和外部矿山 MES、卡调系统等系统和软件对接，支撑相应的管理和调度功能。

高精地图子系统通过无人机的自动化飞行与图像采集，自动创建矿区的高精度二维正射影像地图或三维实景模型地图，供其他智能化终端定位导航使用。监控大屏基于二维高精地图或三维矿山实景模型，直观显示当前各设备的实时位置、工作状态等数据。

GNSS 定位系统依靠 GPS、北斗、格洛纳斯、伽利略等定位导航卫星系统，结合 RTK 定位基站，为电铲、矿卡等移动设备提供高精度定位定向数据。

安全监控系统提供了车、铲、钻各类状态实时参数，并设置报警规则，一旦发生异常及时告警。



07 远程操控中心

远程操控中心配置远程驾驶舱。通过远程操控及自动驾驶系统接收所有设备的实时数据，进行信息存储、分析与可视化呈现，并提供人机交互界面，提供装备远程操控和自动采矿任务下发能力。在本项目中，远程操控中心设置于铁矿机关文化中心大楼一楼，距离作业面 3KM 左右。

牙轮钻机 远程操控舱

牙轮钻机远程操作平台和钻机驾驶室操作平台一致，操作平台设置双屏幕：一个屏幕显示作业参数信息；另外一个屏幕为监控屏，画面包含车辆四周监控、钻架平台监控、钻杆库顶端监控。操作信息由远程操作平台通过基站发送至车载 5G 端并有车载工控机下发至车载 ECU 执行控制，作业参数信息由车载 5G 终端通过 5G 基站返回至集控中心。

电铲 远程操控舱

遥控座椅按照电铲座椅仿制，其手柄、按钮等数据接入工控机。座椅底端配备六自由度平台，可根据电铲端 IMU 检测到的车身姿态与震动加速度进行倾转和震动，供遥控驾驶员直观感受车身当前姿态。

矿卡 远程操控舱

座椅按照矿卡座椅仿制，其手柄、按钮等数据接入工控机。座椅底端配备六自由度平台，可根据矿卡端 IMU 检测到的车身姿态与震动加速度进行倾转和震动，供遥控驾驶员直观感受车身当前姿态。

经验总结与后续计划

本项目建设涉及矿山工程技术与网络通讯、信息技术的融合应用，是一个复杂的系统工程，包括网络层、信息管理层、物理层、应用层等工作内容，复杂度高，涉及多学科、多领域、多厂商的整合集成，在矿山工程技术层面，需要有效的实现自身力量的有效组织，在需求、应用测试及持续维护等环节做好基础工作，把好关，在具体的系统建设层面，网络层应用 5G 网络技术，需要在网络通讯技术、5G 技术应用领域走在前列的企业参与项目，在物理层的装备改造及远程操控及自动驾驶应用层面，需要选择合适的外协单位参与。同时，作为一个系统工程项目，选择较强的系统集成及管理能力的团队尤为重要，跨领域集成效果好不好，项目是否可以取得成功，核心合作伙伴的能力是关键。

围绕当前矿山建设“绿色、智慧、无人”发展趋势，在做好矿山传输基础网络及边缘计算资源支撑，为矿山设备及数据互联互通打下基础的情况下，在生产现场不断优化及完善相关场景应用。具体如下：

① 远程操控场景提供“一键操作”、“视频拼接”、“沉浸式体验”等能力，不断优化操作体验，提升作业效率。

② 通过提供“云主机”、“网络切片”等能力，边缘端不断构建及加强功能安全及网络安全建设，保障场景应用安全。

③ 通过构建“云网关”、“数据管理平台”等能力，实现对应用数据的有效管理，实现应用数据的挖掘和应用。

④ 围绕采面作业安全性保障，融合无人机、AR/VR 等技术，提供无人机巡检、AR/VR 远程运维等场景，进一步减少矿山采面作业人员。

⑤ 围绕采面作业低碳化、绿色化趋势，推动风电、光伏在矿山的应用，并在此基础上实现能源的数字化管理。

⑥ 实现当前应用场景与数字化采矿软件、三维可视化管控平台、卡车智能调度等系统的集成，完善矿山智慧化图谱，实现系统集成及融合应用。

同时，在当前 1 钻、1 铲、2 车的基础上，后续实现实现攀枝花铁矿 3 钻、3 铲、6 车生产应用推广，并在白马铁矿进行场景试点；2023 年，实现攀枝花铁矿全矿覆盖（16 台钻机、23 台电铲、27 台矿卡），并在白马铁矿开展生产应用推广；2024 年，实现白马铁矿全矿覆盖；根据红格蓝矿设计推进情况，设计时融入相关场景实践标准。



中煤大海则煤矿 5G 700M&2.6G 融合组网

“全国煤矿智能化建设正处在‘加速跑’阶段，我们将牢固树立安全发展理念，大海则煤矿要秉持着高起点、高标准的要求，践行央企责任和担当，建设成为全国智能化标杆矿井，争做煤炭行业的引领者，打造中煤集团靓丽的“智能化名片”。

朱稳樑 中煤陕西公司党委书记、执行董事

合作单位



案例综述

中煤陕西公司大海则煤矿项目是中煤陕西榆林能源化工有限公司煤化工项目的配套资源矿井，是中煤集团打造蒙陕亿吨级煤炭基地的重要支撑，是国家首批 71 个智能矿山示范矿井之一。项目位于陕西省榆林市榆阳区西部，矿井建设规模 1500 万吨/年，服务年限 157.7 年，概算总投资为 129.79 亿元。

2021 年 7 月，大海则煤矿成功完成 5G 700MHz+2.6 GHz 融合组网，并打通了全行业第一个 VoNR 高清可视通讯电话业务。目前，项目涵盖了智能采掘系统、智能选煤厂、智能辅助生产系统以及智能平台建设等系统，实现了全矿井 5G VoNR 通信及云网融合，首次构建了基于新型云网架构的矿井“一网管控”。开创国内该领域的先河。

中煤科工智能矿山有限公司副总经理刘道园表示：在我国煤炭领域，5G 技术应用并不鲜见，但一直存在传统频段覆盖范围小、成本高等问题。作为全国首批

71 座智能化示范矿井之一，大海则煤矿创新采用 5G 700MHz+2.6GHz 融合网络，一举实现矿井地面和井下 5G 信号全覆盖。整体网络架构、传输抖动性及稳定性也完全优于传统 5G 单频组网，可为井下 5G 高清视频通话、采掘、运输、机电设备运行和“一通三防”等提供更优质的信号保障，为构建矿井智能化应用系统集群、推动煤矿高质量发展奠定坚实基础。



行业挑战

2020 年 3 月，国家发改委等八部委共同印发了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，指出“煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑”。实现煤矿综采、开拓、运输、通风、洗选、安全保障、经营管理等过程的智能化运行，对于提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。

当前煤矿智能化生产面临诸多挑战：



5G+智慧矿山

井下安全风险大 安全事故依然频发

安全生产是煤矿智能化的第一要素。针对井下生产环境中瓦斯浓度高、煤灰粉尘多、水害渗水以及员工井下工作时间长、劳动强度大等问题，有限减少井下人员数量和线缆部署是实现煤矿智能化安全生产的重要路径。

数据传输能力不足

工作面可视化是煤矿智能化的重要前提，井下传统 Wi-Fi 和 4G 网络难以支撑视频驱动的智能开采；此外，传统承载网络无法实现业务隔离，无法实现视频、控制、通信等差异化业务需求。

生产和管理系统数量繁多 业务融合难度大

煤矿智能化要求由单系统智能向多系统协同发展，当前煤矿业务子系统众多，综采面子系统可达 20 个以上，各业务子系统相互隔离，业务融合及运维管理难度大。

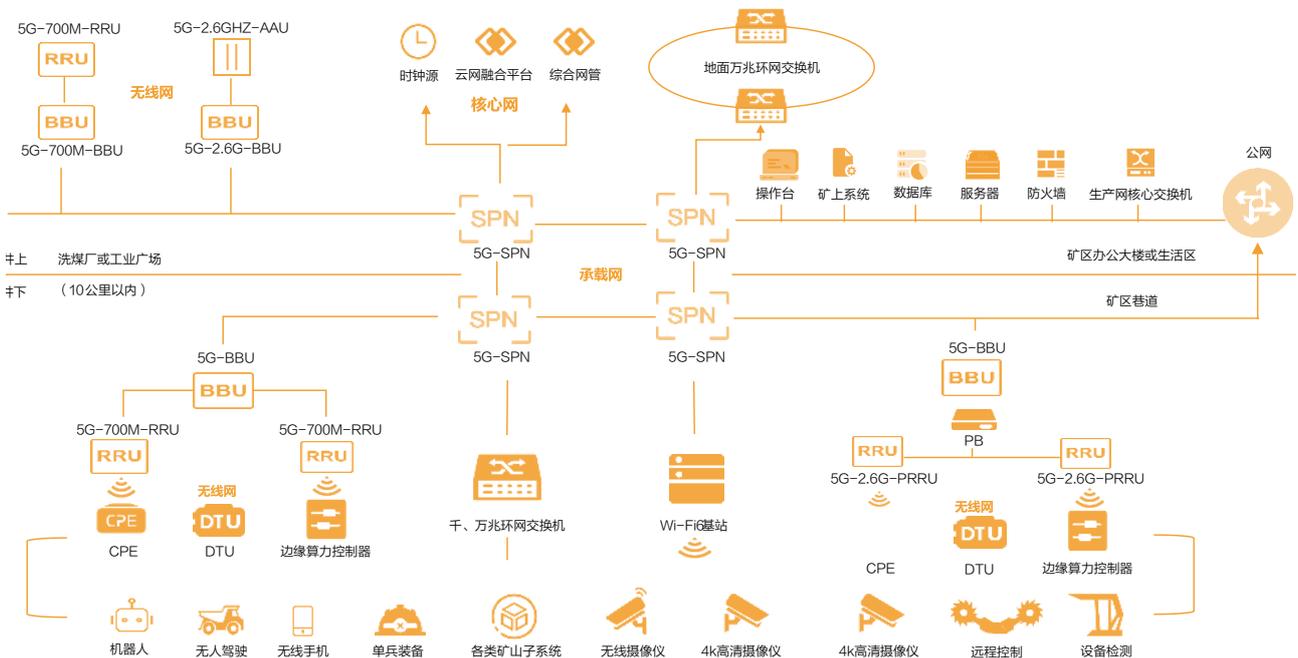
“5G 专网 1.0” 时代 普适性较低 规模推广难度大

当前 5G 专网以单频组网为主，规模推广面临诸多挑战，主要体现在以下几方面：当前 5G 组网方式的建设成本相对较高，在煤矿采掘工作面、拐弯、上山/下山、起伏、死角等复杂场景下难以实现井下 5G 全覆盖；当前井下工业控制环网、视频监控环网、安全监控环网三网并存，数据相互独立，急需统一承载，提高稳定性及运维管理效率；仅 MEC 下沉方式难以解决整体数字化转型和碎片化需求之间的矛盾，需要新型云网架构促进 5G 与煤矿核心产业深度融合。

解决方案和价值

5G 云网融合平台及 700MHz&2.6GHz 频段的混合使用，在大海则煤矿的应用将助力构建矿井智能化应用系统集群，方案中 700MHz 基站（井下 RRU）仅接入本地专网核心网（云网融合平台）提供专网 5G 覆盖服务。2.6GHz 频段基站（pRRU）采用 MOCN 方式同时接入本地专网核心网，同时支持接入运营商公网核心网，提供公 / 专网两种方式的 5G 覆盖服务。

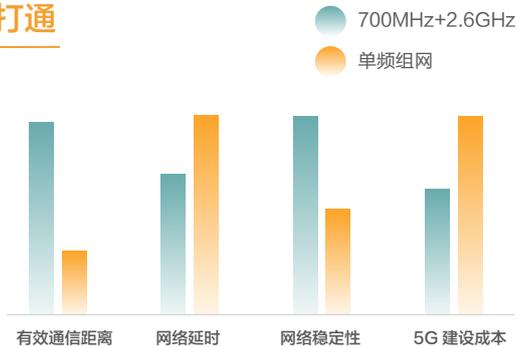
5G 700MHz 与 2.6GHz 融合组网是矿山专网 2.0 方案，采用全新的组网模式、独创本安型基站、新型云网架构，有力促进大海则煤矿智能化发展，真正改变了煤炭行业的“苦、脏、累”的形象。



01 全新组网模式，有效减少建网成本，调度系统敏捷打通

1 全国首次采用 700MHz&2.6GHz 融合组网进行网络覆盖

5G 700MHz 单基站边缘上行吞吐率大于 10M 每用户时，覆盖距离达到 1600-1800 米；较传统 5G 单频组网延时降低 35%，稳定性提升了 45%；降低 5G 建设成本 40% 以上，让中小型煤矿用有限的资金也能建设 5G+ 智能化矿山，解决了 5G 1.0 时代煤矿网络建设难，成本高的问题。



2 实现井下 5G VoNR 全国首通，突破 5G 调度瓶颈

基于全新组网，实现专网 + 公网无缝衔接，工人们使用中国广电的电话号码在井下可以与地面矿区内部电话进行专网互通；同时支持与地面的公网电话互通。通过与调度系统对接，实现选呼、急呼、全呼、强插、强拆等调度功能。做到了“一张电话卡连接了矿山工人的工作与生活”，解决“5G 1.0”时代的煤矿井下调度难的问题。



02 全国首个 700MHz 本安型基站，提高网络本质安全

矿山井下环境相对复杂，设备安装空间受限。通过项目积累，联合研发出基于 700MHz 的本安型基站。产品原生电气防爆措施，安全性更高，5G 通信网络安全本质提升；体积重量更小，仅为 3kg/4L，较普通隔爆设备重量降低 90%，体积减少 80%，井下工程实施 0 防爆箱部署，0 火花风险，工程成本下降 60%。超强的抗射能力及抗干扰能力让采煤工作面实现了 5G 单站全覆盖。工作面内无光缆，真正实现“剪辫子”。实现井下 5G 网络低成本全覆盖，有效减少网络建设成本。

03 新型云网架构，解决集中式管理与业务单元敏捷创新的矛盾

全国首次使用基于云网架构的“三网合一”硬隔离切片网络

将工控网、视频监控网络、5G 承载网进行统一承载，三网可根据业务量需求自行调整带宽，最小可实现 10M 带宽切片。实现了井下网络一站式承载，投资降低 60%，使煤矿井下线缆维护工作转移至后台进行，大大节省了人力维护成本，提升了运营效率，提高了安全性。

全国首次采用“三级弹性算力架构体系”

通过赋能煤矿智能化、无人化，推动整体煤矿智能化应用深度融合。云网融合架构不单单能够承载 5G，还能够向下兼容矿方原有的工业环网；同时支持 WiFi6、IOT、4G 等多种有线无线网络融合。再进行边缘计算控制器、CPE、DTU 等雾端算力下沉赋能边缘 5G 应用。解决了煤矿整体业务融合难，信息孤岛，标准混乱等问题。



04 N个应用聚焦碎片化供给问题，促进5G与产业深度融合

1 机器人系统集群

机电硐室（中央配电室、中央水泵房）、运输大巷等场所安装5G移动巡检机器人15台，实现设备现场超高清视频、语音、红外成像等数据的实时回传及设备运行故障的超前预判、预警。机器人包含多参数传感器（CH4、O2、CO、温度、湿度）、双光谱云台摄像机（可见光200万像素，红外热成像640x512）、拾音对讲器、两个避障激光雷达，支持5G双频传输。巡检仪采用无线通讯方式进行信号传输，硐室设置无线基站，巡检仪内置5G模组设备，与基站通过5G无线网络通信；地面设置远程控制站，系统通过5G工业网将数据传输至地面进行远程监控。

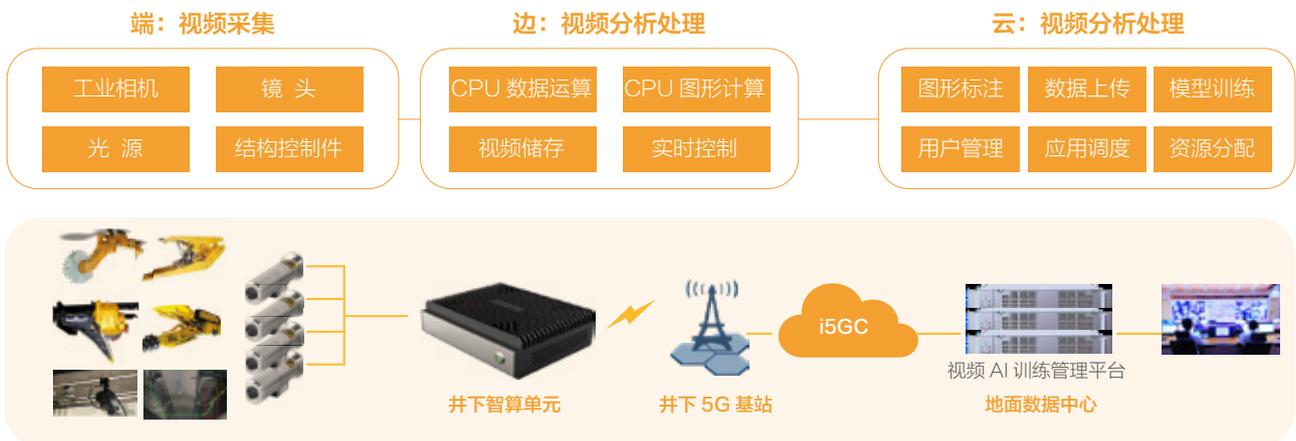
2 5G+井下视频AI分析

井下视频AI方案总体设计基于云-边-端协同。端侧视频采集并上传至边侧，接收来自边侧的控制指令；边侧进行视频分析，完成推理功能。一方面将分析结果上报云端管理平台，另一方面下发对端侧的控制指令（如控制门禁，控制皮带等）；云端进行算法训练，完成训练和管理功能。云端平台向边侧下发训练好的模型，管理和调度边侧的智算单元。本次部署主要实现综采面智能监管、主



运输皮带异常检测、人员行为监管、区域人员限员管理、风门智能控制、电子封条、提升机首尾绳检测、选煤厂AI识别，井下智能交通控制等AI分析功能。

结合700MHz&2.6GHz融合组网的优势特性，推动煤矿5G+矿用无人机、无人驾驶、自主运输、远程工业控制、无人采掘、人员精确定位、机器人系统集群的N个应用。目前大海则煤矿的工作面由原来的4名采煤机司机6名液压支架工5名清货工，变为1人远程控制1人安全巡视；同时15台5G机器人集群的建成，实现了12个巡检类采集类子系统智能化、20个岗位的无人值守，减少人员90人，降低吨煤成本12元/吨，人工成本减少2000万元/年。



经验总结与后续计划

中煤陕西公司、中煤科工集团智能矿山有限公司、中兴通讯及中国广电、中国移动、中煤信息技术（北京）等合作攻关，开发的700MHz和2.6GHz 5G网络融合技术成果，在上行边缘速率10Mbps的情况下，巷道采用5G 700MHz覆盖距离和效果本质提升，实测有效覆盖范围1600-1800米，是传统基站覆盖范围的4-6倍。从整体上降低生产成本，具备在矿山领域的经济效益及实用价值。

本次项目的成功，标志着国内首个5G 700MHz频段和2.6GHz融合技术在煤炭领域成功应用。

后续将为中煤大海则煤矿深入开展“5G+”虚拟交互应用、机器人集群、无人驾驶、智能穿戴装备、智能巡检、采煤机、掘进机智能化等应用。继续深入推进5G新基建与工业化4.0融合，为煤矿全面改革、数字化转型发展提供重要支撑。

结束语

这是第三本《中国 5G 垂直行业应用案例》，也是我们关注中国市场上 5G 在垂直行业应用情况的第三年。我们有幸于中国的产业各方一起，从零开始探索 5G 的应用前景，分析 5G 的应用场景，发掘 5G 的应用潜力，推动 5G 的应用落地，分享 5G 的应用成效，总结 5G 的应用经验。这三年里，我们看到 5G 的应用越来越多样，越来越成熟，也越来越成功。刚刚过去的 2021 年，对于 5G 垂直行业应用来说是关键的一年。在这一年里，5GtoB 开始实现商用，越来越多的商业合同开始签署和执行；在这一年里，5G 的应用场景逐步清晰，业界的工作开始聚焦，跨行业的场景化需求也开始浮现；在这一年里，5GtoB 的规模化开始扬帆启航，标志着它已经取得初步成功，已经开始迈向成熟发展。

这次的《中国 5G 垂直行业应用案例 2022》，我们第一次放弃了全景扫描所有垂直行业中的 5G 应用，而是选取了 5G City、智能制造和智慧矿山这三个 5G 应用前景较为乐观的领域进行应用案例的收集整理；我们也第一次增加了综述的章节，对这三个领域中的痛点问题、5G 应用前景和未来发展方向给出了一些分析，希望能够促进读者的思考和行动。

5GtoB 是否能够规模化，在一定程度上决定了 5G 是否成功，因为 5G 的历史使命就是赋能千行百业，促进经济和社会的数字化转型。5GtoB 发展的下半场是规模化，是从“1”到“N”的转变，从“样板间”到“商品房”的转变，从“盆景”到“山水”的转变。5GtoB 的规模化，刚需是根本，标准是基础，模组和终端是关键。首先，需要找到对 5G 有刚需的应用场景。对现有应用案例进行大浪淘沙式的筛选，找到 5G 的刚需所在，也就是当 5G 不再是“可选技术”、“替代技术”或者“备份技术”，而是“优选技术”，甚至是“必选技术”。其次，没有标准化就没有规模化，只有标准化才能实现规模化。要实现关键行业 5G 应用的标准化，也要跨行业寻找共性需求进行标准化。最后，模组和终端的涌现及其价格的下探，往往才标志着规模化的真正开始。

5GtoB 的规模化很有可能在率先在 5G City 方面取得突破。5G 将在交通运输、应急公安、生态环境、民生服务和数字政府等领域助力城市治理水平的提升，帮助实现智慧公交、智慧港口、智慧警务、智慧应急、智慧环保、智慧城管、智慧社区、智慧文旅、智慧安监、智慧海关等多场景应用。中国在城市中的 5G 覆盖水平处于世界领先水平，拥有全球最大规模的独立组网 5G 网络，同时中国的城市管理者也是城市治理现代化的积极实践者，我们有理由相信，中国的 5G City 应用将再次吸引全球的目光，成为全球城市的创新标杆，引领全球新型智慧城市的发展。



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
邮箱: chinamarketing@gsma.com



扫描二维码
下载中文版



Scan QR code to
download report