



INDUSTRIAL INTERNET  
5G+工业互联网

# 2025年 5G工厂 典型应用实践

(能源交通)



工业和信息化部  
2025年

# 目 录



<b>采矿</b>	<b>1</b>
01. 新疆哈密三塘湖能源开发建设有限责任公司 5G 工厂	1
02. 城山煤矿 5G+ 智慧矿山	4
03. 攀钢矿业朱兰铁矿 5G 工厂	8
<b>电力燃气</b>	<b>13</b>
04. 国能广投北海电厂 5G 工厂	13
05. 衢州新奥燃气有限公司 5G 工厂	17
<b>交通运输</b>	<b>20</b>
06. 青岛前湾集装箱码头有限责任公司 5G 工厂	20
07. 潍坊港通用干散货码头全流程自动化 5G 产线	25
08. 深圳地铁车辆智慧运维 5G+AI 工厂	29
09. 京东物流北京 5G 工厂	35

新疆维吾尔自治区哈密市

# 01. 新疆哈密三塘湖能源开发建设 有限责任公司 5G 工厂

新疆哈密三塘湖能源开发建设有限责任公司

## 一、项目概述

新疆哈密三塘湖能源开发建设有限责任公司以“智慧、零碳、园林式绿色特大型露天煤矿”为目标，聚焦石头梅一号露天煤矿智能化转型痛点，要实现三大核心需求，近年来，积极推进“5G+工业互联网”融合应用，建成覆盖采掘、运输、排土全流程的 5G 专网，实现无人矿卡智能调度、远程操控钻机、高清视频 AI 巡检、边坡及设备安全实时监测等典型场景，显著提升生产效率与本质安全水平，减少人工干预 30% 以上，获评自治区第一批 5G 全连接工厂，为露天煤矿 5G 规模化应用提供可复制样板。

## 二、建设需求

石头梅一号露天煤矿作为传统能源企业，在向“智慧矿山”转型及推进新型工业化中，面临数据孤岛与全流程协同难题，传统网络难支撑无人化需求，技术落地与人员适配挑战，绿色低碳与产业链协同压力等挑战。针对这些问题，5G 工厂项目建设是该煤矿破解无人化作业的网络瓶颈，推动全流程数字化与数据价值释放，实现新型工业化的“高效、绿色、安全”目标的核心支撑。

## 三、建设方案

石头梅一号露天煤矿生产作业区高度落差较大，现场作业车辆约 800 辆，作业人员约 5000 人。采掘区域、运输主干道、排土作业区以及破碎站等区域共建设 25 个宏基站。矿坑周边基站充分利用现有的站址资源，全部采用“一站一柜”的建设模式，即机房采用一体化能源柜，并且满足防雷接地要求。选用 5G - 2.6G 64TR、5G - 700M 两种频段进行混合组网，且全部采用 SA 模式，以此降低频段干扰，满足容量和全域深度覆盖。

根据矿区业务使用及发展要求，在核心网侧，实施用户面网元 UPF 下沉操作，以实现本地业务处理，满足数据不出场、超低时延等需求；在无线接入侧，预留 50% 的无线 PRB 资源供 ToC 用户使用，一张网络既实现了 5G 专网的功能，又满足了矿区工作人员公网业务的使用需求。根据矿区未来业务发展情况，可对 PRB 资源预留比例进行动态调整，最大可调整至 100%。部署工业防火墙、入侵检测系统，建立“终端 - 边缘 - 云端”三级安全防护体系，保障生产数据和控制系统安全。

## 四、应用场景

### ◎ 场景类型 1: 远程设备操控

石头梅一号露天煤矿远程遥控控机推土机系统主要基于 5G 专网通讯及北斗差分定位，通过对挖掘机设备的网格化改造和智能化升级，结合设备上安装的摄像头、传感器及相关控制设备，实现接收操作台的指令，控制设备的运行和各项功能，感知环境并采集设备的状态信息。机器人控制系统通过 5G 使系统延时达到较小，保障作业可操作性。在远程操作端通过 5G 接收分辨率更高、视角更广、无畸变的视频画面，远程操作人员可以高效作业的效果，将矿区操作人员转移至舒适室内环境集中操控。



### ◎ 场景类型 2: 设备协同作业

企业运用 5G 改造 97 辆无人驾驶矿卡，构建了协同作业系统，实现智能调度与管理系统、无人矿车、协同作业系统之间通信，通过不间断的计算、规划、调度、管理，完成矿区运输智能化调度、设备监测、数据管理和分析管理、地形数据管理功能，基于此功能，实现无人矿卡与卸煤站的联动。相较于传统人工卸煤模式，无人矿卡的倒库效率更高，显著提升了生产效率；更从根源上减少了人工在高粉尘、高噪音环境中的暴露，有效保护了工人的身体健康。

### ◎ 场景类型 3: 精准动态作业

在 5G 网络的支撑下，无人矿卡能与卸煤站的料斗达成高度精准的配合，可将关键的入库时间稳定控制在 20 秒左右，彻底避免了无序排队、对接失误等问题，让矿卡都能有序进入卸煤站完成作业这种高效协同的模式。



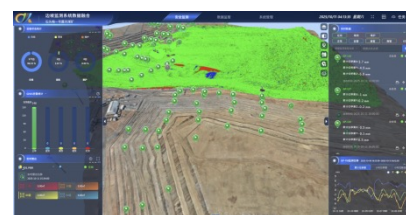
### ◎ 场景类型 4: 无人智能巡检

在巡检过程中，巡检机器人会持续采集周围环境的视频图像，并可根据工作人员的需求通过 5G 将这些图像信息实时传回主控室，便于后续查询调阅完整资料。同时，机器人搭载的相机会对现场设备状态进行实时监测，工作人员在后台可通过摄像头观察设备的运行情况。



### ◎ 场景类型 5: 生产现场监测

石头梅边坡数据融合监测平台是石头梅一号露天矿智能化建设的核心监测系统，聚焦边坡安全监测与风险管控，借助 5G 汇集各类传感器数据，并统一归化至北京 80 或当地假定坐标系，确保监测数据精准关联，同时对接南方 GNSS、华测 GNSS、安



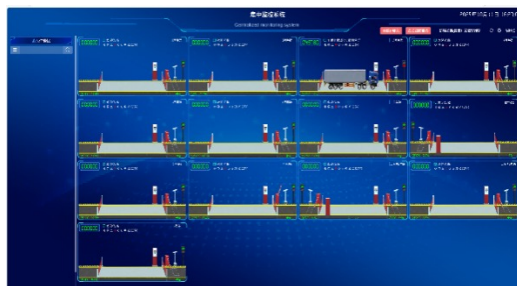
科院雷达、徠卡雷达等多套边坡监测系统，为矿山边坡安全提供全流程智能化支撑。

### ◎ 场景类型 6：厂区智能物流

石头梅一号露天煤矿无人驾驶矿卡远程遥控系统，依托 5G 专网通信技术与北斗差分定位，结合车端部署的车载计算平台、激光雷达、毫米波雷达、组合惯导及 RTK 终端等设备，实现矿卡的无人驾驶运输作业。当遭遇风险或无人驾驶系统失能时，矿卡会立即自动停机并触发报警，等待远程驾驶员接管操控。

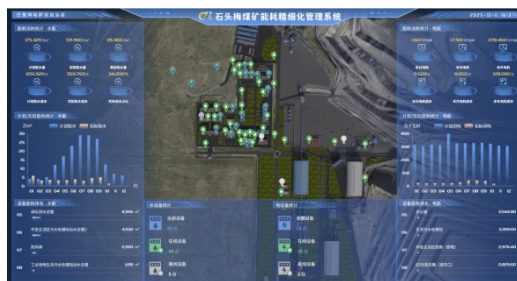
### ◎ 场景类型 7：厂区智能理货

石头梅一号露天煤矿依托 5G 技术高速率、低时延的特性，搭建了物流数据计算平台，显著提升了物流数据的处理速度与效率。平台上线后，车辆严格遵循预约、打卡、叫号等流程有序入场不仅打通了终端接卸的沟通壁垒，更疏通了运输堵点，完善了“发端 - 在途 - 到端”的全链条运输流程，有效缩短了车辆装卸等待时间，提高了车辆有效运行里程。数据显示，每小时进出场车辆从 20 台增至 50 台，效率提升 150%；日均卸车数从 280 台升至 410 台，卸货效率提升 46%。



### ◎ 场景类型 8：生产能效管控

企业引入物联网、人工智能及大数据分析等前沿技术，部署搭载 5G 物联网卡的智能水表与智能电表，实现了对企业能耗数据的实时采集与统计。通过精准监控与深度分析能耗数据，精准定位能源浪费环节，进而采取针对性优化措施，有效降低能源消耗。依托精细化的能耗管理，减少不必要的能源开支，并通过合理调度能源使用，实现成本的有效管控。同时能源消耗的降低直接减少了碳排放，为企业达成环境可持续发展目标提供了有力支撑。通过对能耗数据的持续监测与评估，不断优化能源管理流程实现能源管理水平的迭代升级。



## 五、建设价值

**1. 经济价值：**项目建成后，矿山产能预计提升 30% 以上，单位生产成本降低 15%—20%，显著增强企业盈利能力和市场竞争力。同时带动上下游产业链发展，预计新增就业岗位 500+，有力助推地方经济增长。

**2. 社会价值：**项目推动工业制造与 5G、AI 深度融合，减少高危岗位人力需求 40% 以上，大幅提升作业安全与。示范效应将吸引高科技企业集聚，加速区域产业智能化、高端化转型。

**3. 环境价值：**通过智能化能效管理，项目年均降低能耗 10%—15%，减少碳排放约 5000 吨/年，资源利用率提升 20% 以上。形成可复制的绿色矿山建设模式，助力国家“双碳”战略和区域可持续发展。

## 02. 城山煤矿 5G+ 智慧矿山

鸡西矿业（集团）有限责任公司

### 一、项目概述

城山煤矿 5G+ 智慧矿山项目是由鸡西矿业集团与黑龙江鸡西联通公司、华为、中煤科工集团沈阳研究院联手打造。该项目构建起“一张网、一朵云、一平台、N 个子系统”的 5G 智能矿山体系，通过“5G+ 万兆工业环网 + 超融合服务器”，完成智能化数据中心建设和智能综合管控平台搭建，将子系统和安全管控系统等数据统一接入，建设 14 类 21 个“5G+ 工业互联网”应用场景帮助煤矿实现了矿井少人化、自动化、可视化运行。该项目助力城山煤矿向智能化、安全化迈进，为安全决策提供依据，为安全生产筑牢网络根基，实现安全、高效、绿色、智能开采，促进煤炭行业高质量发展。

### 二、建设需求

在传统矿山开采模式中，设备依赖人工操作，开采效率低下，且各生产环节协同性差，导致资源浪费严重。5G+ 智慧矿山项目的出现，彻底打破了这一困境。通过 5G 网络连接各类智能设备，实现了开采、运输、洗选等环节的自动化和智能化。

矿山作业环境复杂，安全风险高，传统的安全监测手段难以实时、全面地掌握井下情况。5G+ 智慧矿山项目构建了全方位的安全监测体系，利用 5G 网络实时传输井下设备运行数据、人员位置信息以及环境参数。一旦出现异常，系统能立即发出预警，为及时采取措施提供有力支持，保障了矿工的生命安全。

### 三、建设方案

矿用 5G 通信网络由 5G 边缘计算 (MEC)、核心路由器 (NE8000-M8)、基带控制单元 (BBU)、远端数据汇聚单元 (RHUB)、微型射频拉远单元 (pRRU) 等系统构成。MEC 部署在煤矿边缘，NE8000-M8 作为核心路由器，将 MEC 与外部网络及煤矿内部其他子网连接，实现数据的高速转发和路由选择，使本地处理需求在 MEC 完成，需与外部交互的数据经 NE8000-M8 转发。RHUB 作为数据汇聚点，每个 RHUB 下联井下巷道、工作面等位置的多个 pRRU，将多个 pRRU 的数据汇聚后传输给 BBU。

### 四、应用场景

#### ◎ 场景类型 1: 生产单元模拟

通过 5G 技术与三维可视化数字孪生，模拟采煤工作面割煤、刮板输送机运输和拉架全过程。



对采煤机、刮板输送机、液压支架组成的“三机配套”系统进行模拟，可预演采煤流程、测试设备联动逻辑，提前发现卡顿、碰撞等问题，优化割煤路径。

### ◎ 场景类型 2：协同研发设计

智能综合管控平台运用过程中，不同专业的设计人员无论在井上还是井下，或是不同地区，通过 5G 根据不同的用户权限都能实时共享设计数据、图纸和模型等信息，以便及时调整设计方案。同时利用 5G 实现平台数据交互与更新时，可以不断根据现场实际情况和各种监测数据调整设计，通过手机 APP 可以随时随地查看。

### ◎ 场景类型 3：柔性生产制造

在生产过程中，市场对煤质要求随时可能发生变化，洗煤厂按照市场需求随时调整煤质，通过 5G 网络自动调整介质密度以及选煤设备的工作参数和工艺流程，实现生产与市场需求的精准对接。

### ◎ 场景类型 4：远程设备操控

1. 采煤机、液压支架、掘进机上搭载高清摄像头与各类传感器，通过 5G 网络，将采煤机（掘进机）截割煤层的实时画面、运行参数及位置信息，以超低延迟传输至地面控制中心。操作人员依据这些实时数据，远程操控采煤机（掘进机）前进、后退以及调节截割速度与深度，采煤机（掘进机）能够精准执行指令，高效采掘。



2. 带式输送机远程控制：操作人员在地面通过 5G 网络远程控制带式输送机的启动、停止与紧急制动。

3. 远程供电：在煤矿各个变电所安装了大量智能保护器，借助 5G 网络的高速率，能把电流、电压、功率等数据，快速传输到地面供电监控中心。当井下某个区域用电需求变化，或是出现供电异常，工作人员能在地面通过 5G 网络，远程调整开关、变压器等设备的停送电状态和设备运行参数，保证供电系统安全运行。

4. 远程排水：在井下不同水平的水仓、泵房，布置水位传感器和流量传感器，利用 5G 网络低延迟特性，实时将水位、涌水量数据传输到控制中心。地面操作人员能通过 5G 网络，远程操控排水设备，开启备用泵、切换排水管路，及时排除积水，保障矿井安全。

5. 提升机远程操作：提升机运行过程中，5G 网络将提升容器位置、速度、钢丝绳张力等关键数据，实时传输至地面监控室。操作人员远程监控提升机运行状态，根据井下煤炭产量和人员、物料运输需求，精准控制提升机的加速、匀速、减速与停车。

## ◎ 场景类型 5：设备协同作业

1. 采煤机、刮板输送机、液压支架三机智能联动：采煤机开启作业，切割煤层时，利用5G网络把速度、截割深度等运行参数及位置信息，迅速传输给刮板输送机和液压支架。刮板输送机收到信号，依照采煤机落煤量，自动调节运输速度；液压支架依据采煤机位置，及时移架、支护顶板，三者紧密配合，采煤流程一气呵成。

2. 掘进机、皮带运输机协同作业：掘进机向前掘进，5G将其工作数据实时传递给皮带运输机。皮带运输机根据掘进机出矸量，调整输送速度，高效运输矸石，确保巷道掘进顺利进行。

3. 胶带输送机群联动：井下多条胶带输送机组成运输网络，5G实现各输送机数据实时交互。上游输送机煤量变化时，通过5G迅速将信息传递给下游输送机，下游输送机自动调速，保障整个运输系统稳定运行，大幅提升煤炭运输效率。

## ◎ 场景类型 6：精准动态作业

掘进机通过程序设置能够随时改变施工巷道的参数，借助5G网络将地质与水温探测仪传回的数据回馈给主机，主机控制系统实时调整深度和角度，精准定位、自动截割，实现精准动态作业。



## ◎ 场景类型 7：现场辅助装配

5G智能矿灯具有拍照、视频录制、语音通话和视频通话多种功能。通过5G网络，智能矿灯可将井下实时画面和工人位置信息回传至地面指挥中心，便于地面人员实时掌握井下生产状况，及时进行调度指挥。同时，遇到紧急情况时，工人可通过智能矿灯一键呼救，提升应急响应速度。



## ◎ 场景类型 8：工艺合规校验

在煤矿井下安装高清摄像头，利用5G的大带宽特性支持高清视频的流畅传输，将井下作业场景、设备运行情况等实时视频画面传输到地面。监管人员通过AI视频融合平台的建设，对煤矿进行合规作业检查，如检查工人是否按操作规程作业、设备是否定期维护等，进一步提升矿山安全管理水平。

## ◎ 场景类型 9：设备故障诊断

基于5G的高速率和大带宽特性，故障诊断系统可实时采集设备运行数据，并快速上传至地面数据分析中心。当设备出现异常时，能迅速定位故障部件和故障类型。

## ◎ 场景类型 10：设备预测维护

1、钢丝绳检测系统是利用5G技术结合先进的传感器，对煤矿钢丝绳进行实时在线监测和智



能分析的一种检测方式。利用传感器捕获钢丝绳缺陷产生的泄漏磁场信号，通过 5G 通信技术将数据快速传输到管理平台。能够精准识别信号，对钢丝绳的损伤进行定性、定位和定量判断，生成检测报告，并对钢丝绳剩余寿命和未来安全性做出预测。

2、智能检测系统基于 5G 技术，通过 AI 人工智能图像识别技术，代替人工视觉去监测皮带的隐患，根据系统实时在线监测的特点，系统对皮带带面损伤进行分级告警，检修人员根据告警等级提前对带面进行维护，避免了断带风险及各类异常未能及时发现而造成的重大安全生产事故。

### ◎ 场景类型 11：无人智能巡检

基于 5G 通信系统，城山煤矿共投用了 5 台巡检机器人，巡检机器人包括一水平中央变电所巡检机器人、皮带道巡检机器人、绞车道预警机器人、主井绞车巡检机器人、选煤厂磁选车间巡检机器人。巡检机器人通过采集现场图像、声音、红外热像及温度数据等参数的对运行的设备故障超前预判、预警。

### ◎ 场景类型 12：生产现场监测

依托 5G 网络，城山煤矿建设了各类生产现场监测系统，包括顶板离层、瓦斯、风速、一氧化碳、人员定位和生产现场监控，地面指挥中心能够掌握井下各个工作面实时生产情况和各项数据，为生产决策提供依据。

### ◎ 场景类型 13：生产能效管理

5G+ 智能远程电量采集系统，通过 5G 网络将用电数据上传至地面主机，采集后的电量数据经分析和计算后与市场化软件对接，对小班进行电能核算，按比例奖罚到个人。数据采集分析清晰、公开、透明，提高了用电、管电、节电的智能化管理水平，实现降成增效目标。

### ◎ 场景类型 14：全域物流监测

电机车定位系统通过 5G 网络将车辆运行的实时位置和车载监控画面传至地面，调度人员能够随时掌握人员和物料的位置信息，同时通过车载监控能够监视运输沿线巷道与线路状况，规范电机车司机的安全操作，有效地防止和减少运输事故，保障列车行车安全，提高运输效率。

## 五、建设价值

1. **经济价值**：提高生产效率，减少人工操作环节，优化流程，提升整体产能；降低运营成本，提前预测故障，推动煤矿少人化、无人化，降低人力成本；减少安全事故损失，5G 与安全监测系统结合，实现精准监测和快速预警，减少因事故造成的设备损坏、停产损失等，降低安全事故经济损失。

2. **社会价值**：提升安全形象，减少井下人员作业，降低事故发生率，提升煤矿行业整体安全形象，增强社会对煤矿行业的认可度；带动产业升级，促进煤炭产业与信息技术深度融合，推动行业整体转型升级；助力可持续发展，通过优化资源利用、减少环境污染，实现煤炭资源绿色开发，符合社会可持续发展要求。

四川省攀枝花市

# 03. 攀钢矿业朱兰铁矿 5G 工厂

攀钢集团矿业有限公司

## 一、项目概述

攀钢集团矿业有限公司（简称“攀钢矿业”）践行“数字中国”战略，聚焦矿山痛点难点，应用5G、大数据、AI等新一代信息技术与矿山工程技术融合创新，集成智能装备、MES系统、安全监测预警系统等，攻克网络拥塞、矿卡“蛇行”等诸多难题，率先实现复杂环境下穿-采-运现场无人采矿，驱动采矿工艺由离散作业向连续作业、装备单机作业向全流程远程协同作业、管理模式由金字塔管理向扁平化管理转变，培育以人为本、本质安全、降本增效、智能生态为核心的新型生产模式，为冶金矿山行业数智化转型，提供了现场“无人化”、管理操作“集中化”、运行“高效化”的“攀钢方案”。

## 二、建设需求

近年国家《“十四五”规划纲要》中将“加快数字化发展，建设数字中国”单独列章，工信部等相关部委相继发文要求加快推进数智化转型力度，攀钢集团将数字矿山作为发展规划重点任务。目前矿山单体设备多、生产作业密集，人工成本高、作业环境差、安全风险大，劳动效率提升难且面临人员短缺问题，管理传统、效率不高。

## 三、建设方案

本项目建设以“矿石流”为主线，构建基于“端-网-边”技术架构的一体化5G远程采矿系统。在技术架构上，“端”侧对现场采运装备进行智能化改造；“网”侧通过5G专网实现全域可靠连接；“边”侧依托边缘数据中心进行数据汇聚与智能处理。

基础设施建设方面。首先，对矿山装备进行大规模智能化改造：完成6台钻机、6台电铲和10台矿卡的智能化改造，使其具备精准定位、线控执行、环境感知及远程交互能力。其次，实现朱兰露天采场全采面5G专网覆盖，通过无线、承载及核心网扩容与优化，满足远程控制（时延 $\leq 40\text{ms}$ ）与高清视频回传（上行总带宽需求超500Mbps）等关键业务要求，确保数据不出厂区。第三，建设5G边缘数据中心，采用FusionCube超融合解决方案构建边缘计算中心云资源池，通过平台自生的集群技术、故障自动转移技术、快照、存储3副本等能力为上层生产业务提供高可靠和业务连续性保障。

通过应用5G、边缘计算等新技术，与矿山传统工艺流程紧密结合，同时高质量建设集控中心、远程操控中心、MES系统及多个智能化应用场景，构建钻机远程自主作业、电铲远程混装作业、

矿卡混编自动驾驶及车铲协同作业模式，实现设备互连、数据互通、生产一体化集控和管控，支撑工厂高效运营管控和 ITOT 深度融合。

## 四、应用场景

### ◎ 场景类型 1：生产单元模拟

朱兰铁矿通过自动驾驶数据采集车在矿区进行周期性巡检，利用车载激光雷达、组合导航系统、毫米波雷达及机器视觉相机等设备采集矿区环境数据，并通过 5G 网络实时传输至边缘云控平台。云控系统基于这些采集数据构建矿卡运行仿真模型，能够模拟不同路况下的车辆运行情况，为调度决策提供参考依据。该系统通过仿真分析可以提前识别可能影响运输效率的因素，帮助调度人员优化作业计划，避免因调度不当导致的车辆排队积压问题，同时，还能为故障诊断提供辅助分析手段。



### ◎ 场景类型 2：远程设备操控

朱兰铁矿已实现钻机、电铲、矿卡等核心采矿装备的远程智能化改造。通过建设 5G UPF 下沉的矿山一张网，采场“穿孔 - 铲装 - 运输”全流程设备实现了与远程操控中心的互联互通，5G 网络的低时延特性保障了远程操控的实时性。远程操控使作业人员脱离危险作业环境，有效提升了生产安全性；同时通过引入 AI 技术，实现了钻机自主作业、电铲半自动铲装等功能，使单个操作人员可同时监管多台设备运行。通过智能化作业使设备操作更加规范，有助于降低备件损耗。



### ◎ 场景类型 3：设备协同作业

朱兰铁矿在 5G 无人采矿系统中实现了远控电铲和自动运输矿用卡车的协同作业。该系统依托 5G 网络实现设备间实时数据交互，矿卡能根据电铲位置自动调整装料点位，电铲则通过系统指令调度矿卡进出装料位。通过远控电铲和自动运输矿卡的协同，生产过程自动化程度得到提升，人员干预减少，生产效率高，作业过程流畅稳定。通过协同，相同的时间内远控司机的干预大大减少，保障远控司机在同样的时间内可以管控更多的车辆，远控司机的生产效率进一步提升。



## ◎ 场景类型 4：精准动态作业

朱兰铁矿通过部署 5G+RTK 高精定位系统，实现了矿卡、电铲和钻机的精准定位与远程控制。在实际作业中，矿卡能够基于电铲实时位置自动规划装载点位，停靠准确率达到 90% 以上，显著降低了人工干预频次。通过优化转向控制系统，矿卡行驶路径偏差控制在 30cm 以内，即使在狭窄路段也能保持稳定运行。在钻孔作业方面，配备组合导航模块的 5G 远控钻机实现了厘米级定位精度，配合自动调平系统，有效提升了炮孔定位准确性和作业平整度。从实际运行效果来看，这套高精度作业系统不仅提高了设备自动化水平，也显著改善了整体作业质量。

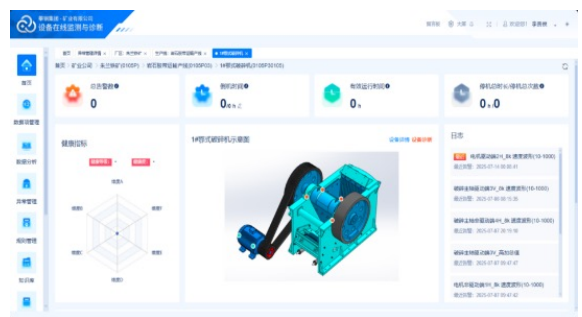
## ◎ 场景类型 5：机器视觉质检

朱兰铁矿通过部署机器视觉质检系统，结合 5G 网络与边缘计算技术，实现了对电铲作业的全流程智能化监测，针对铲齿监测，系统通过 5G 网络实时传输铲齿状态数据至边缘计算中心进行 AI 分析，能够及时预警异常情况，有效降低了铲齿脱落风险及其对后续生产环节的影响，同时，该系统的大块矿石识别功能可以帮助操作人员筛选大块矿石，减少了溜井堵塞情况的发生。在胶带检测方面，系统采用撕裂检测算法可精准识别细微裂缝，皮带跑偏算法的检测精度达到  $\pm 1\text{cm}$ ，这些功能与 PLC 系统联动实现了给料机的自动调节。



## ◎ 场景类型 6：设备故障诊断

朱兰铁矿已从传统的人工巡检方式转向部署设备故障在线检测系统。该系统通过在关键设备上加装智能化套件和多种传感器，实现了振动、温度、压力等运行参数的实时采集。采集数据通过 5G 网络实时传输至数据中心，结合阈值分析和经验模型进行自动诊断，并将结果实时显示在 IOC 大屏和远控座舱。



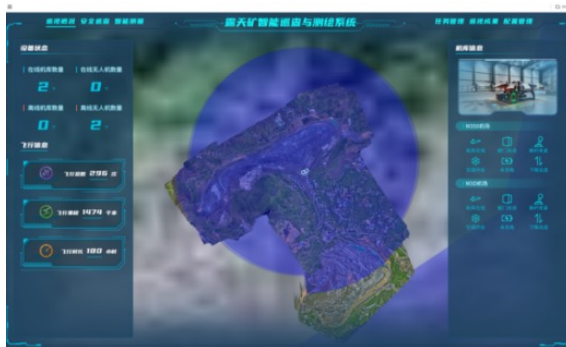
## ◎ 场景类型 7：设备预测维护

朱兰铁矿通过构建“5G+ 大数据 +CV 大模型”的智能预测性维护系统，实现了设备健康管理的数字化转型。系统通过在胶带机等关键设备部署振动传感器、电流电压传感器，实时采集运行特征数据，结合计算机视觉监控系统，构建了“数据 + 图像”双维度的智能监测体系。依托矿山 5G 专网的大带宽特性，实现了监测数据的实时回传与分析，预测准确率达 80% 以上，使设备维护计划精准性显著提升。该系统实现了三大突破：一是将传统“故障后维修”模式转变为“预测性维护”，年减少非计划停机时间达 30%；二是通过 CV 大模型实现设备状态的智能视觉监控，替

代传统人工巡检；三是基于大数据分析的备件需求预测，使库存周转率提升 25%，在偏远矿区尤其凸显其价值。

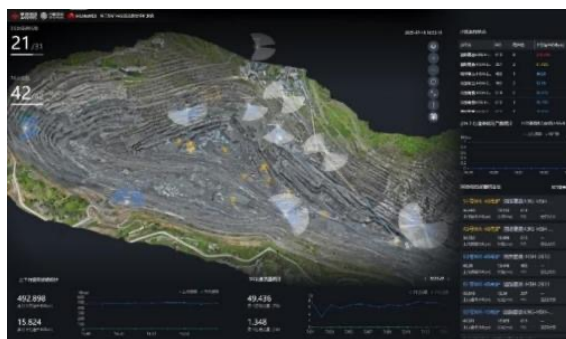
### ◎ 场景类型 8：无人智能巡检

朱兰铁矿部署无人巡检设备替代人工进行巡检，该系统通过预设路线自动执行巡检任务，能够快速到达边坡等危险区域，有效降低了人员安全风险。通过无人巡检设备巡检，大幅缩短了在途时间，巡检数据通过 5G 网络实时回传至边缘数据中心，显著提升了作业效率。无人巡检设备可近距离拍摄人力难以到达的区域，实时视频回传功能为管理决策提供了更直观的依据。从成本效益来看，无人智能巡检减少了车辆和人员投入，整体巡检成本较传统方式有明显下降。



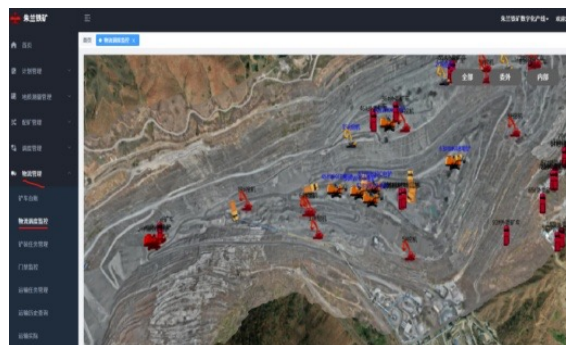
### ◎ 场景类型 9：生产现场监测

该系统整合了北斗高精定位、数字孪生和视频监控等技术，所有设备均配备 GNSS+IMU 定位装置，能够实时显示设备位置。实际运行中，系统通过 5G 网络将定位数据、采集的三维模型和视频监控画面实时回传至数据中心。在指挥中心，所有设备运行状态均直观呈现在数字孪生可视化界面上，便于指挥人员快速掌握现场情况。



### ◎ 场景类型 10：厂区智能物流

朱兰铁矿建立了数字化产线系统，该系统通过 5G 网络实现了采场运输车辆、电铲等设备的实时互联，能够精准监控物流动态。同时建设安全生产智能调度系统，引入多模态感知等技术，通过块段建模自动生成配矿方案，实现基于配矿条件下的全采场智能调度，有效提高采出矿石品位稳定性，减少车辆积压和设备空耗现象。



### ◎ 场景类型 11：全域物流检测

朱兰铁矿通过构建基于 5G+ 北斗的数字化物流管理系统，实现了矿石运输全流程的智能化监管与精准调度。通过实时监测运输设备的在线状态和健康指标，为安全运输提供了数据支撑。实际运行中，所有矿石运输车辆均配备 5G 北斗定位装置，能够完整记录并存储车辆运行轨迹，便

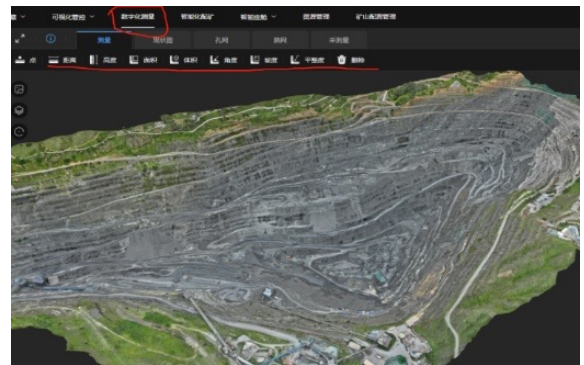
于运输过程回溯。系统还具备自动计量统计功能，可实时记录每趟运输的矿石情况，并生成各类统计报表。

### ◎ 场景类型 12：生产能效管控

能源智能管理系统以全流程协同和能源价值最大化为优化管控目标，以信息化系统为支撑平台，通过5G DTU采集传输分散点位能源设备及运行数据，开展面向设备级、工序级、系统级的多层次、多维度的能源动态监测、评估诊断和精细管理，实现能源生产、供配有效管控。

### ◎ 场景类型 13：虚拟现场服务

系统通过5G网络对矿山各个时间周期的地形地貌和地质数据及时收集并精准呈现，提供矿山全生命周期管理所需的基础底图；对矿山的坡台阶高程、平整度、坡顶线、坡底线、道路、炮孔、建筑等要素进行提取和分析；基于矿山各个采区地形变化数据，自动化、周期性进行测算各个区段的体积变化和采剥量，并自动化生成相关报表；通过实时采集和回传航拍影像、设备位置、生产进度、能源数据等统一展现，实现矿山数字孪生。



## 五、建设价值

### 1. 经济价值

- (1) 优化人力资源 115 人，降低人工成本 1754.9 万元 / 年。
- (2) 降低消耗、电耗等，节约成本 200 万元 / 年。

### 2. 社会价值

(1) 实现本质安全：作业现场无人化、少人化，工人远离滑坡、触电、摔伤等危险因素，实现了作业本质安全。

(2) 改善作业环境：使采矿工人从现场移至办公室作业，远离了高温酷暑、粉尘噪音等恶劣环境。

(3) 促进企业管理变革：项目实现了将单体、离散型作业变为协同、流水线作业，实现企业运营管理直接到机台。

广西壮族自治区北海市

## 04. 国能广投北海电厂 5G 工厂

国能广投北海发电有限公司

### 一、项目概述

国能广投北海电厂全力推动 5G+AI、物联网、DeepSeek、AR+AI 等技术与传统工程管理深度融合，打造智慧工地，构建覆盖人、机、料、法、环全要素的智能化管理体系。该工地实现两项行业创新：一是首创 5G+AI 违章智能抓拍、智能广播联动与门禁系统“三联动”模式；二是在电力行业首次应用 5G + 智能设备与 AI 健康大数据技术，对高风险作业人员开展非接触式身体状态实时监测。

### 二、建设需求

火电基建项目增多使施工资源紧张、管理饱和，给安全、质量、进度管控带来挑战。北海公司需建以 5G 为核心的智能化管理平台，提升工程数字化水平，推动电力领域新型工业化。传统管理存数据孤岛、响应滞后等问题，无法实时感知“人、机、料、法、环”。项目需以“5G + 工业互联网”为基础，打通数据链路，建全域感知网络与分析系统，实现远程操控等功能。此举还能缓解人力依赖、强化数据利用，为创五星智慧电厂和国家优质金奖项目打基础。

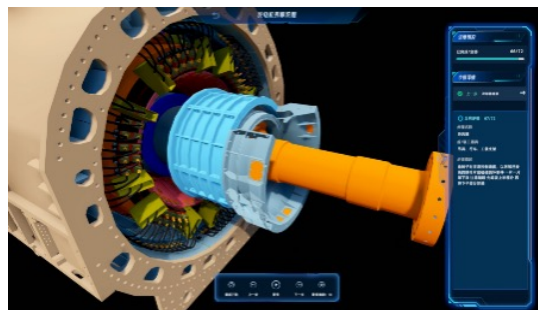
### 三、建设方案

本项目以“5G + 工业互联网”为核心，构建全要素、全流程智能化电厂管理体系，分三层架构：基础设施层借 5G 专网实现厂区互联，部署 CPE、模组及传感设备；平台层用一体化数据中台整合 14 个子系统数据，建统一主数据管理能力；应用层围绕多场景开发 20 项智能模块，支撑智慧运营。基础设施上，实现 5G 全厂覆盖，搭智慧中台，打通 SIS、视频监控等系统数据链路，建企业级数字底座，通过统一编码与接口消除信息孤岛，支持数据实时采集、存储与分析。现场升级含多类智能化改造：部署 AI 视频识别与违章抓拍系统，搭斗轮机无人值守系统，应用智能巡检终端，构建综合驾驶舱。项目融合 5G 与工业场景，形成数字电厂架构，为火电行业新型工业化提供可复制路径。

### 四、应用场景

#### 场景类型 1：生产单元模拟

借助 5G 高带宽、低延迟特性，实现电厂生产单元三维可视化建模与动态模拟。系统可构建静态模型、



实时反映设备运行等状态，还能支撑多方三维图纸会检、随项目更新模型并共享信息，也可用于员工培训。未来融合 AI 后，系统精度与实用性将提升，为电厂安全高效运营提供支撑。

## ◎ 场景类型 2：生产现场监测

### 1. 智能高支模、深基坑监测

通过 5G 网络全覆盖，实现了智能高支模与深基坑的安全监测。系统利用部署在施工点的各类智能传感器，经由 5G CPE 实时传输数据。在高支模监测中，系统实时感知支架压力、位移与倾斜变化，数据经分析后，一旦发现危险状态即刻通过声光、短信及平台等多方式报警。该系统实现了对工地“人、机、料、法、环”全要素的智能化监控与管理，有效保障了工程安全、质量、进度和成本目标的实现。深基坑监测则通过多种传感设备，对基坑及周边建筑稳定性进行全过程监控，及时采集、分析数据并提供预警，为设计与施工提供可靠依据。



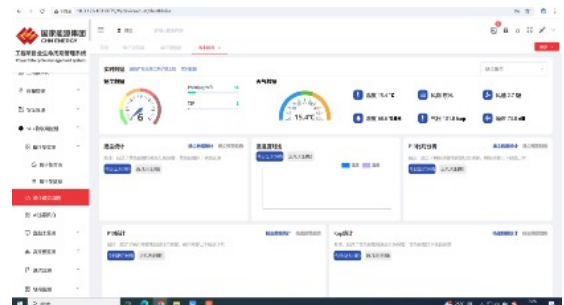
### 2. 智慧工地 5G+ 塔吊安全

通过 5G CPE 连接各类传感设备，实现对塔吊运行与现场环境的智能协同管控。在塔吊安全监测方面，系统通过传感器实时采集塔机运行数据，并利用 AI 算法进行分析。一旦发现违章操作，立即向监管人员发出报警，有效预防与减少安全事故。



### 3. 现场环境监测

在现场环境监测方面，系统对噪声与粉尘进行实时监控。噪声监测范围覆盖 30~130dB，符合国家声环境质量标准；粉尘监测则同步追踪 PM2.5/PM10/TSP 等指标，符合环境空气质量标准。系统在数据超标时自动预警记录，并可触发喷淋降尘等联动措施，提升环境管理的自动化水平。



### 4. 违章抓拍识别系统

该系统借 5G 模组联动 AI 大模型违章抓拍与智能广播，形成施工智能监管体系。可识别未戴安全帽等多类违章并告警，联动门禁实现“发现 - 提醒 - 管理”闭环，关键区域设电子围栏监测，



告警存档可溯，助力提升监管效率、防范安全风险。

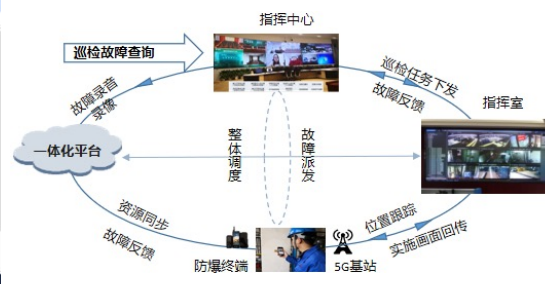
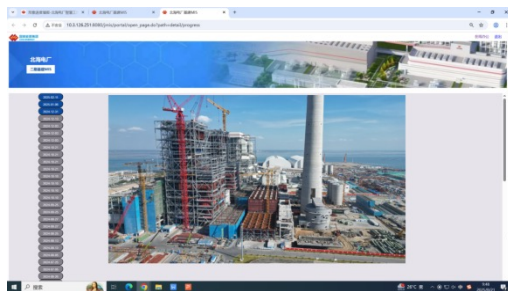


系统依托 5G 模组实现视频、塔机、升降机、临边防护及水电量等数据的实时传输、分析与可视化管理。通过 AI 视频识别技术，对危险源、施工质量、人员行为与设备合规状态进行智能监测，一旦发现异常立即报警并联动处理，有效提升安全管控效率。



### ◎ 场景类型 3：无人智能巡检

通过 5G 模组整合人工智能、机器人、计算机视觉等技术，实现电厂设备的自动化与智能化巡检。无人巡检设备搭载高清摄像头与红外热像仪，借助 5G 实时回传高清视频与多维数据，由 AI 自动识别设备过热、漏油等异常，提升巡检效率 3-5 倍，并显著降低人工风险与劳动强度。



系统还部署 90 台智能巡检终端、962 块巡检牌及温振传感器，并定制开发巡检 APP，实时采集温度、振动等数据，支持问题现场提报、人员实时调度与内外场数据比对。通过 5G 实现实时数据回传与故障任务自动派发，确保信息传递及时准确，全面提升巡检效率与响应能力。

### ◎ 场景类型 4：生产能效管控

北海电厂通过搭建 5G+ 智慧生产综合驾驶舱，实现对工况、设备运维与生产经营数据的统一展示与分析，为能效管理提供全方位支持。平台实时监测发电机组的热效率、电效率等关键指标，并结合历史数据与行业标准进行比对分析，快速识别效率异常并输出优化建议。系统可依据负荷变化自动调整燃料配比，或在峰谷时段优化机组启停策略，持续提升能源利用效率。此外，平台

还集成设备全生命周期管理系统，对关键设备能耗进行精细化管理，通过预测性维护及时发现并处理影响能效的设备问题，在延长设备寿命的同时保障能效稳定。

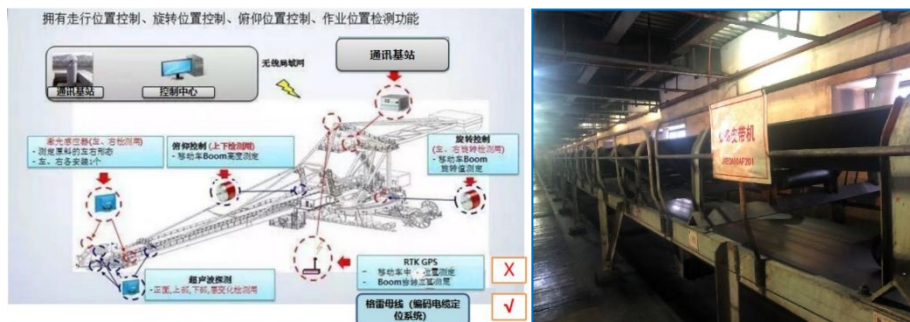


## ◎ 场景类型 5：设备协同作业

该系统借 5G 特性控全厂广播并报备内容，与 AI 违章抓拍融合建“识别 - 定位 - 干预”安防机制。它联动摄像头识违章、推信息触发预警，结合门禁人脸定位人员，选近音箱定向提醒，还能播施工、应急注意事项，提升安全管理精准性与效率。

## ◎ 场景类型 6：远程设备操控

本项目借 5G 模组与 CPE 实现斗轮机等设备无人值守及远程操控，提升煤场作业自动化水平。基于 5G 与 AI，条形煤场堆取料机、码头螺旋卸船机可自动作业，数据同步至数字化料场系统，助力配煤掺烧。5G 专网采集设备运行信息，AI 分析煤质辅助决策，人员可在指挥室监控或用终端远程调策略，提升灵活性与智能化。



## 五、建设价值

### 1. 经济价值

项目实现生产环节降本增效，智能巡检使效率提升 3-5 倍，设备利用率提高 15% 以上；通过能效优化年节约标耗达千吨级，设备全生命周期管理降低维护成本约 20%，实现了从经验管理到精准管控的转变，为电厂可持续经营提供了核心竞争力。

### 2. 社会价值

项目构建的“5G+ 智慧工地”体系实现安全管控从被动响应到主动预防的转变，为火电基建树立了新标准；通过能耗优化积极响应“双碳”战略，年减排二氧化碳成效显著，同时为行业数字化转型提供了可复制的成功范式，有力推进了新型工业化进程。

此外，项目形成的技术标准与应用案例，为同行提供了宝贵经验，助力整个行业推进新型工业化进程，对保障区域能源安全、促进产业智能化升级具有重要示范意义。

浙江省衢州市

## 05. 衢州新奥燃气有限公司 5G 工厂

衢州新奥燃气有限公司

### 一、项目概述

衢州新奥燃气搭建 5G+MEC 混合专网，为企业数字化转型与智慧燃气升级奠基。其将用户面功能（UPF）及部分核心网元，下沉至燃气园区与关键管网区域，像“核心枢纽”与“高速脉络”，保障场站设备参数、管网压力流量、泄漏监测等数据高效传输、低时延处理。针对场站室内、地下管网等复杂环境，企业部署室分系统并联动户外 5G 基站，织就“信号覆盖网”，实现场站车间、调压站、储配站及重点管网区域 5G 信号无死角覆盖。各类生产运营设备借 5G 网关或模组高效采集数据，快速精准捕捉场站运行、管网安全、客户端用气动态，助力燃气安全管控、高效运营与智能服务。

### 二、建设需求

衢州新奥燃气在数字化转型中面临多重挑战：传统燃气场站与管网数据传输时延高，难以及时处理设备运行参数、管网压力等关键信息，影响安全管控效率；复杂环境下信号覆盖不均，地下管网、室内空间等区域数据采集易中断；设备接入分散，各类生产运营数据整合能力弱，制约智能化决策。

建设 5G 工厂成为必然：需通过 5G+MEC 专网实现数据低时延传输，保障泄漏监测等实时场景响应；需构建全域信号覆盖网，解决复杂环境下的数据采集难题；需依托 5G 实现全品类设备高效接入，打通数据孤岛。这既是推进新型工业化、实现“感知 - 传输 - 决策”闭环的核心支撑，也是提升燃气供应安全性、运营效率及智能化服务水平的关键路径。

### 三、建设方案

采用“云边协同 + 全域互联”架构，构建“1+3+N”体系：1 个 5G+MEC 混合专网为核心底座，部署 3 大功能层（基础设施层、数据传输层、应用支撑层），支撑 N 个智慧燃气供应应用场景。通过核心网元下沉与边缘计算节点部署，实现数据本地处理与云端协同管理，形成“低时延、高可靠、广连接”的工业级通信网络。具体基础设施建设：

(1) 核心网部署：在燃气园区部署 UPF（用户面功能）及边缘计算节点，将数据处理能力下沉至业务现场，保障设备运行参数、管网压力等数据的毫秒级响应。

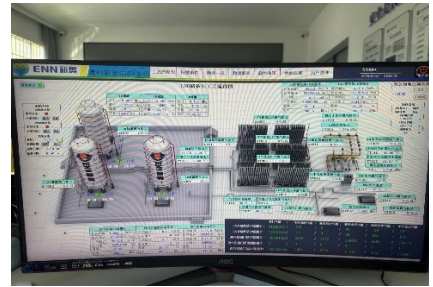
(2) 5G 网络覆盖：构建“室分 + 宏站”协同网络，室内场站部署分布式微基站，地下管网区域增设泄漏电缆，户外关键管网沿线建设 5G 宏站，实现生产区域信号覆盖率 100%。

(3) 数据中台搭建：部署边缘云平台，对接燃气物联网平台，实现设备数据、运营数据的统一汇聚与实时分析。

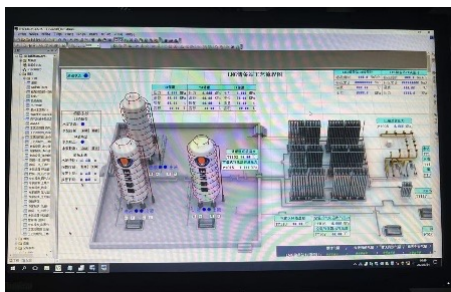
## 四、应用场景

### ◎ 场景类型 1: 远程设备操控

通过部署北京力控主备冗余服务器，架构 SCADA 工业控制管理平台,通过超聚变堡垒一体机作为跳板,全天候实时登陆,并动态结合业务组态应用,通过 5G 低时延、高可靠的网络特性,实现了场站及管网运营全流程远程智能化管控。操作人员可通过远控直联平台,实时完成重要阀节点启闭、业务组态增减开放等操作指令的远程下发,同时借助 5G 网络毫秒级传输特性,确保场站各运行设备及市域管网正常运行,组分状态、工艺参数、故障报警等信息在 IOT 平台上的动态更新和高效回传。



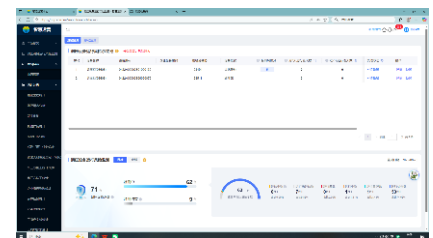
### ◎ 场景类型 2: 设备协同作业



智能物联网设备配备 5G 通信模块,使其能够接入 5G 网络,将设备点位、压力、温度、可燃气体浓度及水位各种信息同步至智能运营中心平台,可视化管理阀井及设备状态,通过与网格巡线组、燃气探测车,应急抢修设备等的动态联动,及时下发指令,即时处理各类异常情况。通过 SCADA 系统平台远程阀控模块,可以准确下发任务,5G 网络确保了平台与各类管网控制设备的高效连接和实时通信。

### ◎ 场景类型 3: 设备故障诊断

智能运营中心通过 5G 数采网关接入物联故障管理平台,基于采集到的设备 ID、唯一性编码等定位故障设备,通过数据分析,诊断设备故障原因,并派发故障工单,及时维护更换。



### ◎ 场景类型 4: 工艺合规检验

智能物联网设备通过 5G 数采接入智能运营中心平台,对调压柜、调压箱等设备的组态参数进行采集,在设备管理模块进行展示,设定工艺阈值,对超过阈值的工艺参数触发告警,并实时派发任务工单周期性维护管理。



### ◎ 场景类型 5: 生产现场监测

#### (1) 5G+ 智慧场站

智慧场站的慧眼模块集成了工程、管网、泛能、厂站等各类场景,实现厂区可视化监控,通过 5G 终端,实现调度中心远程。



## (2) 5G+ 智能物联燃气表

衢州新奥在智能物联燃气表中集成 5G 物联网卡模块，通过运营商 5G 网络注册至无源物联管理平台，支持实时采集物联设备的压力、温度、流量等核心运行参数，数据上传频率可配置，缴费情况，表计流量，费用余计等实时在线查看。



## ◎ 场景类型 6：全域物流监测

运途云槽罐车安装车载系统，将定位信息、车辆及驾驶人员状态监控信息传输至危品智控平台，实时监测车辆的运输计划、上下岛方式、位置、运输状态及地标信息管理，通过车辆登记信息、车牌号等可实时查询到对应的路线、位置。



## ◎ 场景类型 7：设备预测维护

智能物联设备通过 5G 数采网关接入智能运营平台，通过调压设备运行风险监测模块，基于采集的运行风险示警池，目标管理预险物联设备，以实现全生命周期维护管理。

## ◆ 五、建设价值

### 1. 经济价值

通过 5G+MEC 专网实现设备智能监测与数据高效传输，降低人工巡检成本 30% 以上；实时预警管网泄漏与设备故障，减少停供损失超 20%；全流程数字化管控提升运营效率，年节约运营成本约 30%，推动企业降本增效与新型工业化转型。

### 2. 社会价值

构建全域信号覆盖与低时延响应体系，将燃气泄漏检测响应时间缩短至秒级，大幅提升城市燃气供应安全系数；智能化调度保障民生用气稳定，惠及百万市民；为能源行业数字化转型提供示范。

山东省青岛市

# 06. 青岛前湾集装箱码头有限责任公司 5G 工厂

## 青岛前湾集装箱码头有限责任公司

### 一、项目概述

青岛前湾集装箱码头有限责任公司 5G 工厂项目针对传统集装箱码头面临的全域网络信号稳定传输、人机状态精准感知融合、网络攻击威胁预测等难题，突破感知网络、智能终端、零信任安全等技术，自主研发构建了面向大型码头的下一代融合 5G 自组网，实现了低延时、高可靠、高安全、自主可控的智能物联网系统，于 2022 年 10 月份成功上线运行。项目建成了自主、可靠、安全的码头 5G 自组网新型基础设施，解决了集装箱码头数字化、智慧化升级对网络性能的迫切需求，为港口发展提供了新质生产力。

### 二、建设需求

面对码头复杂工况的全域网络信号稳定传输难、人机状态数据精准感知融合难、全场景全过程作业资源优化调度难、多设备作业任务柔性协同管控难、网络攻击威胁预测难五大挑战，如何利用 5G 等先进技术构建面向大型码头的下一代融合专网新型基础设施，突破超低时延抗毁泛在感知网络、多模态感通算一体的高精智能终端、传统码头数字孪生、码头多源数据在线感知和强化学习、码头零信任自主可控安全等技术难题，建设传统集装箱码头数字孪生系统和智能生产管控系统，构建面向网络、终端、MEC、应用系统的码头零信任自主可控安全体系，形成传统码头数智化平滑演进可复制、可推广的自主控技术体系和示范样板，对提升我国传统码头全球竞争力具有重要意义。

### 三、建设方案

该 5G 工厂建设项目以全面国产化技术构建港口 5G 专网。自主研发 DPU 芯片与行业首个自组网设备，提升设备包处理能力并降低功耗，采用专享基站 + 全分布式 N+1 冗余组网及超融合一体化核心设备，实现移动终端数据本地化传输，保障业务数据不出港。项目破解多运营商 5G 频率共享、公专网组合等难题，搭建新型全分布式 Mesh 网络，支持 N28/N78/N79 多频混合组网，实现码头全域泛在覆盖与信号无缝切换，解决高堆码、强遮挡环境下无线通信不稳定问题，可靠性达 99.9%，摆脱国外技术依赖。同时研发端到端零信任安全智能系统，建立全流程信息安全隔离与授权机制，构建覆盖网络、终端等多维度的零信任安全体系，抵御安全威胁与恶意攻击，确保数字化作业安全自主可控。

## 四、应用场景

### ◎ 场景类型 1：生产单元模拟

通过 5G 工业互联网，将码头生产业务进行仿真，实时高精度呈现生产过程。仿真与优化。模拟卡车在场内的不同行驶路线，找出最节省时间和燃料的方案。模拟不同数量的桥吊和岸桥协同工作，预测吞吐量的变化，从而找出最高效的设备配置。可以在仿真环境中模拟设备故障或天气突变等突发情况，验证应急预案的有效性，并进行员工培训。



### ◎ 场景类型 2：远程设备操控

远程操控龙门吊系统以 5G 为核心支撑，凭借高带宽、低延时特性，实时采集码头龙门吊、AGV、岸桥等设备的高清视频、传感器数据及运行参数，传至云端或边缘平台分析。操作人员在远程控制中心，通过高清屏幕和控制台查看设备状态，下发吊具调整、路径控制等精细化指令，设备反馈即时回传形成闭环控制。系统结合 AI 与大数据，可优化操作路径、预测故障，甚至实现自动化操作，大幅降低人工依赖，高效落地 5G 远程控制应用。



### ◎ 场景类型 3：设备协同作业

智能集装箱调度系统以 5G 为核心，融合多技术构建高效协同生态。5G 高带宽、低延时搭配北斗融合定位，实现集装箱、设备及作业区域厘米级精准定位，位置数据实时同步。数字孪生平台 1:1 复刻物理堆场，实现调度全局可视化。AI 算法基于 5G 实时数据动态规划最优路径，无人驾驶卡车通过 5G CPE 终端接收指令、反馈状态，各设备经 5G 无缝互通，形成闭环协同，减少人工干预，让全流程更智能高效，凸显 5G 在设备协同中的核心价值。



### ◎ 场景类型 4：精准动态作业

AI 智能集装箱监测平台融合 5G+MEC 边缘计算、深度学习模型与区块链存证技术。依托 5G 的厘米级定位与高精度同步能力，操作员可远程协同控制吊车、AGV、机器人等多台设备，智慧港口、智能仓储等场景中无需现场专人值守，设备能避障优化路径、狭小空间高效作业。结合 AR 眼镜，工作人员可实时查看设备状态、接收指令，还能与远程专家联动，快速完成故障诊断维修，大幅提升作业与运维效率，彰显 5G 技术核心支撑作用。



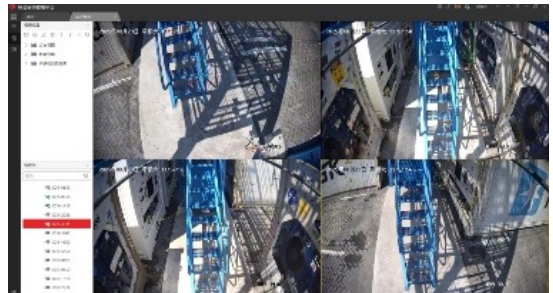
06 青岛前湾集装箱码头有限责任公司 5G 工厂

## ◎ 场景类型 5：现场辅助装配

工人通过内置 5G 模块的 AR/VR 眼镜或 5G 智能终端，实时采集装配现场音视频与图像，经 5G 低延时传输至后台 MES 或工业互联网平台。系统智能分析数据，调用装配模型、工艺流程等信息，将虚拟箭头、操作说明等辅助信息以 AR/VR 形式叠加呈现。遇复杂问题时，工人可通过 5G 联动远程专家，专家同步查看现场画面并标注指导，助力快速排障，高效保障装配作业精准推进，凸显 5G 技术核心支撑价值。

## ◎ 场景类型 6：机器视觉质检

AI 智能集装箱监测平台运用 5G+MEC 边缘计算。在生产线上，高速摄像头或传感器捕捉产品图像。这些图像数据量巨大且生成速度极快，例如对汽车零部件或电子元器件进行百万像素级的高精度拍摄。深度学习模型，区间链存证。• 云端或边缘计算服务器上的 AI 算法对接收到的图像进行实时分析。这些算法能够识别产品表面的微小瑕疵，如划痕、裂纹、颜色异常或尺寸偏差等，其精度远超人工肉眼。



## ◎ 场景类型 7：设备故障诊断

通过机器学习模型，识别出偏离正常运行的模式，例如异常的振动频率、突变的温度升高或电流波动，这些往往是设备早期故障的征兆。系统可以根据历史数据和实时数据，预测可能发生的故障类型（如电机过热、钢丝绳磨损、制动器失效等），并提前向管理人员发送预警信息。当系统识别出复杂问题时，现场数据和视频可以实时共享给远程的专家，专家无需亲临现场，即可进行远程诊断和指导，大幅提高了问题解决效率。

## ◎ 场景类型 8：设备预测维护

在起重机上安装各种传感器，例如振动传感器、温度传感器、电流电压传感器等，它们会持续采集设备运行的各项数据。这些数据通过 5G CPE（客户终端设备）发送到中央控制系统。与传统 Wi-Fi 或有线网络相比，5G 保证了数据传输的稳定性和实时性，避免了数据丢失或延迟，这是实现高精度监控的基础。中央系统接收到数据后，利用工业 AI 算法进行实时分析。这个系统能够监控起重机的关键运行参数，比如吊装重量、运行速度、电机温度等。一旦发现任何参数超



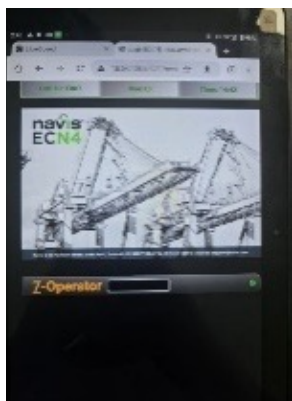
出正常范围，系统就会立刻发出告警，提醒操作员注意异常。

## 场景类型 9：生产现场监测

眼随钩走智能预警系统采用 5G 和人工智能识别技术，成功实现了对桥吊司机全流程作业行为的智能化监控与管理。该系统能够敏锐捕捉司机在作业中的



抬头、闭眼、通话等违规操作行为，通过 5G 网络实时回传后台，将违规信息通报给现场管理人员，确保信息的即时传递与处理，实现即时监测与预警，有效提升现场监管能力。通过对历史数据多维度分析，帮助现场管理人员及时掌握司机的操作陋习和易发时段，实现了对重点人员、重点行为、重点时段的精准管控。



### ◎ 场景类型 10：厂区智能物流

在 5G 网络下，多台自动驾驶车辆（如轮胎吊、集卡等）可以进行高效的协同作业。它们能够实时共享位置、速度和任务状态，避免碰撞和交通堵塞。例如，当一台轮胎吊完成装卸任务后，系统会立即调度附近最近的自动集卡前往接驳，整个流程无缝衔接，无需人工干预。车辆上的车载终端能够与中控系统进行毫秒级的通信，接收并执行泊位指令。系统根据实时路况、障碍物信息和任务优先级，自动规划出最优的行驶路径，包括轮胎吊从一个堆场到另一个堆场的转场过程。

### ◎ 场景类型 11：厂区智能理货

在集装箱码头的岸桥、场桥等关键设备上，安装高清摄像头和传感器。这些设备全天候不间断地拍摄集装箱的装卸作业视频，并捕捉集装箱的箱号、箱型、车号以及是否有残损等关键信息。基于 5G 工业互联网专网提供高带宽、低时延和高可靠性的连接，后台系统接收到数据后，利用 AI 视频流识别技术对视频进行分析。该技术能够自动识别和提取集装箱信息，并与码头 TOS（码头操作系统）中的作业指令进行匹配。系统自动完成理货信息的确认、放行和记录，取代了人工核对的过程。



### ◎ 场景类型 12：生产过程溯源

通过追溯数据，企业可以实时发现生产过程中的异常情况，并动态调整后续工序的参数，从而预防性地提升产品质量。在医药、食品等对溯源有严格要求的行业，5G 溯源系统可以轻松满足国家和行业的合规性要求，确保生产合法合规。

### ◎ 场景类型 13：生产能效管控

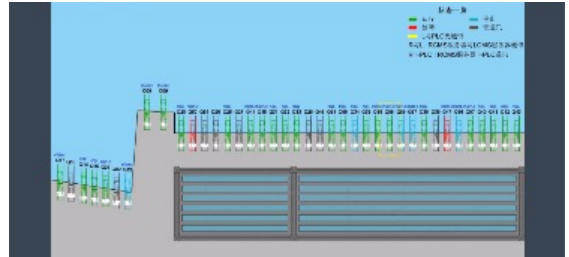
基于 5G 网络对岸桥、场桥、龙门吊等大型机械设备，以及冷藏箱插座、照明系统等用能终端的能耗数据进行实时、高精度的采集。能源管理平台利用 5G 传输的实时数据，可以对码头整体能耗、单台设备能耗进行可视化监控和动态分析，包括用能趋势、峰谷用电情况等。1. 通过 5G CPE（客户终端设备）和各类传感器，将码头所有用能设备（如岸桥、龙门吊、照明、冷链插座等）的能耗



数据，以毫秒级的速度实时上传至云端或本地的能源管理平台。

### ◎ 场景类型 14：虚拟现场服务

在码头生产设备（如岸桥、场桥、自动化集卡、AGV 等）上安装各类传感器和高清摄像头。些设备通过 5G 工业互联网专网将实时数据（如设备运行状态、位置、视频影像、传感器读数等）高效、稳定地传输至远程控制中心。5G 的低时延保障了远程控制指令的即时响应，高带宽则确保了高清视频流的流畅传输。



### ◎ 场景类型 15：全域物流检测

5G 工业互联网在冷冻集装箱全域物流检测中的应用，覆盖了从货物装箱、码头装卸、海陆运输，到最终交付的整个物流链条。通过在集装箱、运输车辆和码头部署各类智能传感器，如温度、湿度、位置和振动传感器，5G 网络可以实现数据的实时高速传输。这些数据汇聚到中央平台，通过大数据和人工智能算法进行分析，从而实现对冷冻集装箱状态的实时、全方位监控。



## 五、建设价值

### 1. 经济价值

青岛前湾集装箱码头有限责任公司 5G 工厂整体应用以来，优化了码头作业流程和资源配置，码头单机平均作业效率提升 5.8%，集卡周转率提高 10.6%，码头效率提升约 30%，降低人工成本 600 万元 / 年，节省场区照明等 300 万元 / 年，增收 1.4 亿元 / 年，实现了作业效率、生产效益双提升。

### 2. 社会价值

5G 自组网的建设应用为码头的生产、管理和服务提供了重要的泛在感知网络平台，有效支撑了集装箱码头无人驾驶、数字孪生、生产智能管控等应用的顺利实施。本项目获得国家发明专利 6 项，相关技术达到国际领先水平，得到了工信部领导和相关专家的肯定。成果已推广应用到青岛港其它集装箱码头，推动了码头运营智能化与绿色化发展，经济和社会效益显著。

山东省潍坊市

## 07. 潍坊港通用干散货码头全流程自动化 5G 产线

潍坊港区散货码头有限公司

### 一、项目概述

采用 5G SA+ 中国电信自研的 UPF 为核心架构部署比邻模式的 5G 定制专网，研发了基于动态模拟仿真预判的设备智能控制系统 ECS，突破了通用干散货码头卸船转运流程“五位一体”自动控制技术，首次实现了通用干散货码头全流程自动化作业。港区实现门机自动化作业、自卸车无人驾驶、智能料斗一体化装车。堆场实现堆高机自动堆料，船舶实现挖掘机远程清舱。所有设备由设备智能控制系统（ECS）统一调度，实现码头到堆场全流程的自动化运行。

### 二、建设需求

潍坊港区散货码头智能化转型过程中，面临三大核心瓶颈：一是传统作业依赖人工操作，精度与稳定性不足，存在安全隐患，影响整体作业安全水平；二是人工劳动强度大、效率受限，难以满足日益增长的吞吐量需求，制约码头运营效能提升；三是运营成本高企，涵盖人力与设备维护等多重支出，同时面临环保压力，难以适应现代绿色港口发展要求。亟需建设全流程自动化码头系统，依托 5G 等技术构建智能作业体系，实现安全、高效、绿色的综合性升级。

### 三、建设方案

基于 5G 定制专网实现“全自动化门座起重机 + 纯电动无人驾驶宽体自卸车 + 智能料斗 + 远控清舱挖掘机 + 远控堆高机 + 智慧管控平台 ECS”五位一体全流程自动化装卸工艺，完成通用干散货码头的自动化升级，实现码头前沿物料不落地，作业现场无人化操作，颠覆性改变传统通用干散货码头大量依赖人工作业的生产方式。新建 5G 宏站及传输配套线路，基站覆盖港口作业区，建设 AAU 12 个、BBU 2 个、UPF 1 套，满足数据不出港区的核心需求。

### 四、应用场景

#### ◎ 场景类型 1：远程设备操控

依托 5G 低时延与高可靠特性，远程操控指令得以精准、实时执行；5G 大带宽保障了多屏幕高清监控画面无卡顿传输；5G 广覆盖则消除了港口作业盲区。已建成的远程操控中心设有多席位操作工位，操作员通过多屏显示器与控制终端，实时监控船舶货舱、料场堆存及门机作业状态，并可对门机、输送装置和运输车辆进行远程启停、模式切换和参数调整。系统与机器视觉、传感器数据联动，实时识别作业场景并反馈，辅助操作员精准控制，



有效降低操作强度。此举减少了人员进入高风险区域的需求，提升了作业安全性；通过集中化调度，实现了港口作业效率与设备利用率的双提升。

## ◎ 场景类型 2：设备协同作业

借助 5G 低时延与高可靠传输，实现了装卸机与无人驾驶车辆的毫秒级协同对接；5G 广连接支撑了多设备数据互联与状态实时同步；通过 5G 边缘计算与网络切片，保障“机 - 车”协同链条的稳定运行与数据安全。在港口散货装卸环节，固定式大型装卸机与无人驾驶散货运输车辆构成作业



单元。运输车辆停靠至装卸机下方，通过自动对位和输送带装料实现快速装载，全过程由传感器与控制系统监测。设备间通过智能管控平台实现数据互联，自动识别车辆位置与状态，实时匹配装卸需求，形成“机 - 车”一体化协同作业链条。运行效果显著：车辆等待时间缩短 55%，散货装卸效率提升 40%，人工干预频次减少 95%，作业连续性达标率提高至 99.8%。

## ◎ 场景类型 3：机器视觉质检

依托 5G 大带宽，实现了多路高清视频监控数据的实时传输与 AI 算法分析；利用 5G 低时延特性，保障了质检结果的快速反馈与异常预警；通过 5G 广覆盖，实现了生产全流程无死角质检数据采集。已建设基于机器视觉的质检作业中心，系统通过多路高清视频对货物装卸过程、运输车辆进出场、堆场作业等环节进行全景化视频采集。机器视觉系统结合 AI 算法对视频画面进行实时识别与分析，质检结果同步推送至监控终端，辅助管理人员快速决策。操作人员在监控大厅通过人机交互界面对质检结果进行复核与处理，形成了“人工复核 + 机器智能”相结合的双层保障模式。运行效果显示：该系统大幅提升了作业质量可控性与异常发现效率，减少了人工巡检压力，推动生产作业向“智能质检、精准管控”的方向升级。质检异常发现效率提升 70%，人工巡检工作量减少 80%，作业质量合格率提高至 99.7%，质检结果反馈时间缩短至秒级。

## ◎ 场景类型 4：设备故障诊断

基于 5G 低时延与高可靠传输，实现了门机运行参数的实时采集与异常状态快速识别；利用 5G 广连接能力，接入了门机回转、变幅、高度等多维度传感器数据；通过 5G 边缘计算，提升了故障诊断算法的实时处理能力。企业已上线的门机智能化管控平台具备实时监测、故障识别与诊断分析功能，平台实时采集门机的回转、变幅、高度、大车位置等运行参数，并以可视化界面直观呈现设备状态。系统能够对异常状态进行自动识别并提示，例如图示中，平台检测到“自动抗卷功能失败”，并明确标注故障原因为“扭矩极限保护”，



提示，例如图示中，平台检测到“自动抗卷功能失败”，并明确标注故障原因为“扭矩极限保护”，

07 潍坊港通用干散货码头全流程自动化 5G 产线

提示相关运维人员进行处理。系统还支持运行参数对比、历史记录追溯及异常数据分析，为维护人员提供故障定位依据，管理人员可通过界面直接下发指令进行快速恢复。运行效果上，实现了“实时监测 – 智能诊断 – 辅助决策 – 快速恢复”的闭环管理，设备异常发现及时性提升 80%，故障处理时间缩短 65%，设备停机率降低 40%，维护成本减少 32%。

### ◎ 场景类型 5：设备预测维护

依托 5G 大带宽，支撑设备核心运行参数与三维模型数据的高速传输；借助 5G 低时延特性，实现故障趋势预判的实时分析与预警；通过 5G 高可靠性，保障预测维护系统的连续稳定运行，避免数据传输中断。企业已建立基于数字孪生与参数监测的设备预测维护系统，对门机等关键装卸设备进行实时监控与故障预判。监测范围：



系统对门机的回转角度、变幅位置、大车位置等核心运行参数进行实时采集，并以三维模型直观呈现设备作业状态。运行监控：在界面中同步显示当前作业工单、操作模式、作业参数和设备运行指标。管理人员能够实时掌握设备运行情况，并对负荷状态、作业进度进行跟踪。预测维护功能：系统内置故障信息管理模块，可对异常状态进行记录和预警提示。当设备出现偏离正常参数的趋势时，系统可提前触发维护预警，指导检修人员实施计划性维护，减少突发故障带来的停机风险。运行效果：通过设备预测维护系统，企业实现了从“事后检修”向“预测性维护”的转变，显著提升了设备可用率与作业安全性，降低了维护成本。

### ◎ 场景类型 6：生产现场监测

基于 5G 大带宽，实现多路高清视频信号的无卡顿传输与实时监控；借助 5G 低时延特性，保障远程控制指令的快速响应与执行；通过 5G 高可靠性，支撑生产现场监测系统的 24 小时连续运行。企业已建成集成化的生产现场监测系统，采用大屏联动与控制台一体化配置，实现对关键作业环节的远程可视化监管与操作。监测范围：系统通过多路高清视频信号，对生产现场的装卸设备、料场作业及运输环节进行实时监控。监控画面能够覆盖设备运行状态、物料堆放情况及作业过程，确保生产过程透明可视。控制与调度：在操作台配置多功能控制面板和交互终端，支持远程设备启停、作业模式切换及参数调整。管理人员可通过集成系统实现对现场作业的集中调度与远程干预。运行效果：该监测系统提升了对生产现场的安全防控能力和运行效率，减少了对人工现场巡检的依赖，实现了生产作业的数字化、可视化与智能化监管。

### ◎ 场景类型 7：厂区智能物流

利用 5G 高精度定位（定位精度 $\leq 1$ 米）结合广连接能力，实现厂区运输车辆的实时定位与路径动态监控；依托 5G 低时延，保障物流调度指令的实时下发与路径优化；通过 5G 大带宽，支撑厂区数字化地图与物流数据的高速交互。厂区已部署智能物流管理系统，通过数字化地图实现对厂区范围内物流运输车辆、作业点位及道路通行的全面可视化管控。车辆与线路监控：系统

在厂区三大作业区域内布设车辆实时定位功能，显示各类运输车辆的分布位置与运行路线，能够动态反映厂区内物流流向。作业点与资源管理：在界面上标注出装卸点、仓储区、生产车间等关键作业节点，并将各点位与车辆进行关联，确保物流调度高效有序，避免车辆与作业环节出现冲突。智能调度与运行效果：通过 GIS 地图及智能调度算法，系统支持对厂区内运输任务的实时调度与路径优化，提升了物料运输效率，降低了厂区内的等待与空驶率，实现了厂区物流运行的可视化、智能化与精细化。物料运输效率提升 40%，车辆空驶率降低 35%，作业点位冲突发生率降至 0.5% 以下，物流调度响应时间缩短 60%。

### ◎ 场景类型 8：全域物流检测

借助 5G 大带宽与广连接能力，支撑多港口、多节点的船舶、车辆、货物等海量数据的实时



汇聚与可视化展示；依托 5G 低时延，实现物流状态异常的快速预警与调度优化；通过 5G 切片技术，保障不同类型物流数据的分类传输与安全隔离。企业已建成覆盖区域多港口、多节点的全域物流检测系统。系统通过大数据平台与可视化大屏实时呈现港口生产运行状态，能够对船舶计划、车辆动态及货物流向进行

全面监测。船舶与计划管理：界面显示各港口船舶到港时间、货种、卸货量及进度，形成船舶与作业计划的动态跟踪。管理人员可实时掌握船舶在港作业状态，提前进行资源调度。车辆与作业监控：系统对在港车辆数量、平均等待时长等核心指标进行实时统计，目前在港车辆数量为 129 辆，平均等待时间为 161 分钟。同时，车辆作业状态与任务进展在系统中实时更新，支持异常预警与调度优化。货物流向与库存管理：通过饼图和数据面板，系统直观展示散货、集装箱等不同货种的总库存及比例分布，实现对全域货物流向的可视化监管，提升了物流运转的透明度与可控性。整体上，全域物流检测系统实现了港口 - 船舶 - 车辆 - 货物的多维联动与全局可视化，有效支撑了区域范围内的物流统筹与智能调度。

## 五、建设价值

**1. 经济价值：**经济价值主要体现在对人工成本及能耗的节约，经系统应用后测算，全流程自动化作业系统可节省人员每班次为 9 人，人员数量减少 69%，节省人工成本为 296.76 万元，人工成本节约 67.9%，综合能耗节省 70% 以上。通用干散货码头全流程自动化在提升干散货运输效率的同时对现场安全以及车辆安全的防护进一步提升。

**2. 社会价值：**通用干散货码头全流程自动化作业填补了通用干散货码头传统作业模式的行业空白，极大推进了通用干散货码头的自动化进程，且作为最具代表性的码头类型，具有极强的推广价值，市场空间广阔，经济价值突出。本项目完全响应国家关于智慧港口的建设理念，符合国家推进港口自动化、智能化发展的相关政策。对我国干散货码头自动化、智能化进程具有重大的推进作用，对我国绿色、智慧港口的建设具有重要示范与开创意义。

广东省深圳市

## 08. 深圳地铁车辆智慧运维 5G+AI 工厂

深圳地铁运营集团有限公司

### 一、项目概述

深圳地铁车辆智慧运维 5G+AI 工厂项目将业务场景与 5G、AI 技术深度融合，基于一线生产业务、充分挖掘数据价值，从“智慧监测、智慧列车、智慧检修、数据挖掘”四个方面打造具有深圳特色的地铁车辆数智化维保解决方案。通过车辆维保业务全流程数据的融合互通，建立地铁车辆“运、检、修”一体化的 5G+AI 维保体系，助推地铁车辆维保模式变革，实现全生命周期管理和基于健康管理的地铁车辆高水平状态修。

### 二、建设需求

近年来，国内城市轨道交通运营规模快速扩张，随着市民乘客对轨道交通高品质服务需求的提高，轨道交通维保企业迫切需求追求高质量、可持续的发展。地铁车辆传统采用计划性维修为主、故障性维修为辅的维保模式，随着维保规模、维保压力的不断增大，进行维保模式创新、提升设备运营质量是行业发展的必然趋势。

### 三、建设方案

本项目构建适用于轨道交通车辆数智化维保的“端、边、云”工业互联网架构：

(1) 端侧地铁车辆为满足大带宽、低延迟数据传输需求，车载网络由传统 MVB 网络升级为以太网网络，对 79 列车约 7900 余台入网设备进行智能化升级，实现全车 5 万余项数据的实时采集。

(2) 边侧采用支持 5G 通信的智能 PHM 单元，实现车辆数据的统一汇聚、预处理，并安全接入 5G 专网将数据实时转发至云端平台。

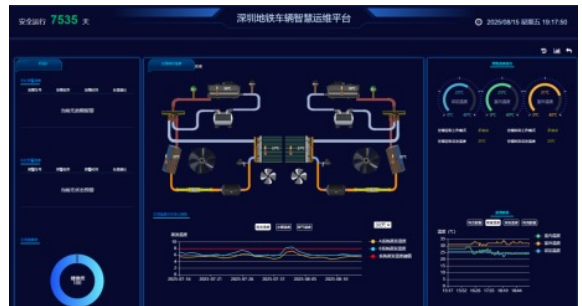
(3) 云侧以深圳地铁城轨云为底座，建成基于 5G+AI 的车辆智慧运维平台，将平台与既有资产、生产、运营等业务管理系统数据融合互通，利用数据挖掘、图像识别、大语言模型等 AI 技术构建时序、图像、视频、文档等为一体的车辆多模态大数据平台，实现地铁车辆设备状态监控、故障诊断、趋势预警、寿命评估、健康管理以及运维智能决策，推动实现轨道交通车辆全生命周期状态修。

### 四、应用场景

#### 场景类型 1：生产单元模拟

地铁车辆各部件运行状态数据通过 5G 专网实时传输至车辆智慧运维平台，平台以电路原理

图、部件结构图、气路图等方式进行可视化模拟展示，将部件最新运行参数以及最近一段时间历史数据曲线进行展示，实现列车关键部件运行状态实时精准掌控。例如列车空调系统采用空调机组结构可视化模拟方式，对压缩机、冷凝风机工作状态以及温度等最新数据进行实时监控，并对空调机组温度、压缩机电流、电压等关键参数进行历史数据回放曲线展示，实现对空调机组运行状态的模拟监控。例如地铁车辆辅助系统采用电路拓扑图可视化模拟的方式，对关键电气部件健康状态、运行数据进行实时监控展示，实现对辅助系统电路部件运行状态实时掌控。



## ◎ 场景类型 2：协同研发设计

地铁车辆运行数据通过 5G 专网实时传输至车辆智慧运维平台，利用平台的数据挖掘和 AI 算



法对部件状态进行检测，帮助提前发现设备功能缺陷、安装工艺问题等多类设备质量缺陷。对设备质量的发现、分析、整治，并制定后续新车采购设计规避建议，将设备质量提升前置到地铁车辆研发设计阶段。

通过运营维保单位协同研发设计，从源头提升设备质量，降低安全风险，降低运维成本，实现地铁车辆设备全寿命周期闭环管理，并为地铁车辆装备制造企业改进产品和服务质量提供支撑。例如通过优化正常模式和备用模式下列车牵引封锁界面显示逻辑，图示化显示动车条件，有效辅助司机提升应急处置效率，该方案已在深圳地铁全网 30 余种车型开展优化并纳入新车设计规范。

## ◎ 场景类型 3：柔性生产制造

以全寿命周期管理为目标，对地铁车辆走行部、车门、空调、牵引辅助、制动、弓网等六大子系统关键部件开展健康管理研究，实时状态数据、高频采样文件以及车载健康管理单元预处理数据统一通过 5G 专网传输至车辆智慧运维平台。利用平台 AI 技术实现车辆关键部件寿命预测及健康评估。对维保必换件、故障件、耗材等更换类部件，进行寿命及性能的综合评估，将设备维保由定期检修转为状态检修，延长设备维保周期或根据设备状态动态调整维保周期，降低维修成本。



例如通过对地铁车辆走行部轴箱轴承和电机轴承冲击、振动、温度等高频信号采集监测，利用 AI 算法实现轴承寿命评估，轴承维护周期最大可延长 30%，车辆全寿命周期成本预估可下降 46%。

## ◎ 场景类型 4：设备协同作业

全面分析梳理地铁车辆维保作业规程，对主风管、受电弓等需进行数据测试测量且有监测数



据的作业项点，通过建立“作业自动检查”AI模型，对5G专网传输的车辆状态数据进行实时计算作业技术指标，实现作业由人工检查转为人机协同作业，提升维修作业效率。目前已实现能耗、里程数据抄录、主风管泄漏量检查、受电弓升降弓时间测试等超过35项关键部件检修作业项点的人机协同作业，效率提升90%。例如运行里程、能耗等数据抄录作业，直接使5G实时传输数据，取消原有的上车抄录作业，实现系统自动记录，同时还能够对异常数据进行监测预警。例如通过主风管密封性、风管泄露量的实时监测测试，可取消原有人工测试作业，提高生产效率，节省人力成本。



### ◎ 场景类型 5：设备故障诊断

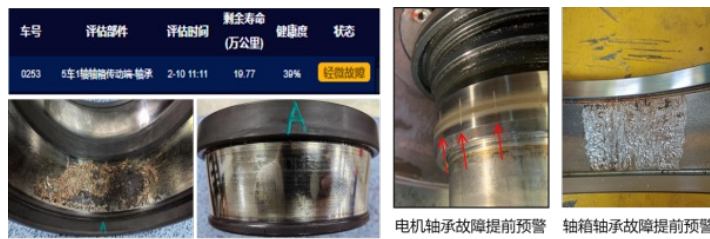
对地铁车辆关键部件建立AI“故障精准定位”模型，当故障发生时，通过5G专网实时传输的故障信息、部件状态数据进行实时诊断定位故障原因和故障部件，提升故障分析效率，将传统的故障分析方式由逐个排查转为快速精准定位。截止目前已对轨道异常、受电弓控制异常等超过32类重点故障实现精准分析，最快1分钟定位故障点，故障分析效率提升约80%。例如通过对轮轨冲击、振动进行实时监测，精准识别定位轨道波磨等异常区段，指导进行轨道打磨，有效改善车辆运行环境，降低车辆运行噪音和轮对磨耗。例如对车辆牵引制动控制回路IO节点状态进行实时监测，当电路中某个部件异常时，可以在可视化梯形图中实时高亮定位显示，指引技术人员快速查找故障点。



### ◎ 场景类型 6：设备预测维护

对地铁车辆走行部轴承、牵引电机、受电弓等26类列车关键部件，进行运行机理、失效安全风险分析和大量历史数据挖掘。建立AI“状态预测预警”模型，通过5G专网实时传输的部件状态数据、高频采样文件等对部件性能状态进行评估预测。在部件发生故障前识别性能劣化趋势和异常状态，将故障应急模式由事后处理转为提前预判，保障行车安全。实现最早提前30分钟预警故障，车辆正线指标故障率下降约8%。例如对走行部轴承冲击、振动等参数进行实时监测，评估轴承健康状态，实现轴承疲劳剥离、压痕、磨损等故障提前预警。例如对车辆牵引电机温度

等多参数进行实时监测，提前 49 分钟预警牵引电机因吸附异物导致异常温升故障，为正线应急处置赢得了时间。



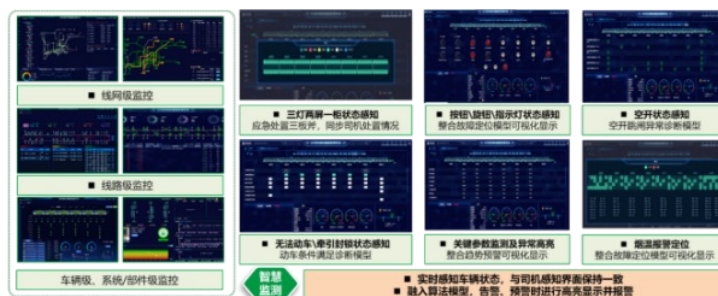
## ◎ 场景类型 7：无人智能巡检

开展 360°图像智能检测、轨旁尺寸智能测量、智能检修机器人、无人智能列检等智能检修设备应用，通过图像识别、激光测量等 AI 技术对地铁车辆进行自动检查、测量，将智能检修设备采集的图像、视频等数据与 5G 实时传输的部件时序状态数据进行融合分析，实现机器检修替代人工检修，提升检修作业效率。例如 360 图像智能检测系统采用图像识别技术，对地铁车辆进行 360°高清全景扫描，实现车辆外观状态异常识别告警，替代车辆人工外观检查作业。例如轨旁尺寸智能测量系统采用激光测量及图像识别技术，自动对地铁列车受电弓碳滑板、轮对尺寸进行测量，同时对轮对、碳滑板尺寸测量数据进行分析挖掘，实现轮对状态性维修，以及碳滑板异常磨损趋势自动预警。



## ◎ 场景类型 8：生产现场监测

车辆智慧运维平台通过 5G 等无线传输技术实时采集地铁车辆运行数据，建立线网、线路、车辆、部件四级车辆监控体系，实时监测 8 条线路 300 余列车运行状态、故障信息以及关键部件参数，实现车辆状态实时感知和远程监控。建立“故障应急信息一屏汇聚、处理指引关联提醒、多端同步响应、快速辅助应急处置”的智能应急联动体系，贯通应急处置全流程，消除信息壁垒，实现故障应急响应时间缩短至 1 分钟，应急响应效率提升 80%。



### ◎ 场景类型 9：全域物流监测

地铁车辆实时采集自身位置信标、站点区间、速度等运行位置信息，通过 5G 专网实时传输至车辆智慧运维平台，实现在线路运行图上对车辆运行位置轨迹的可视化监测，能够及时追踪定位车辆所处位置。当车辆发生故障时，故障详情关联显示故障时刻车辆所处的具体位置信息，以及显示故障关联参数的运行曲线，便于快速定位故障列车位置，及时安排正线应急处置人员确认和处置故障，降低故障对乘客的影响，提升客服满意度。



### ◎ 场景类型 10：企业协同合作

通过基于 5G 和 AI 技术的应用，地铁车辆状态修算法模型实现列车关键部件的实时监测预警，实现车辆维保生产计划根据部件实际状态动态调整，实现部件的状态性维修。同时通过融合涉及车辆专业的轨旁监测系统、工艺检修设备等数字化装备系统，信号、供电等跨专业系统，EAM、电子维保记录等运营业务系统数据，进行 AI 算法特征工况校准和多源数据整合。通过对车辆维保业务数据跨系统融合互通，打破数据孤岛，实现车辆维保“运、检、修”全流程数字化闭环。



### ◎ 场景类型 11：生产过程溯源

5G+AI 工厂构建以地铁车辆为中心的数据采集，基于构型的车辆状态、技术资料及履历等数据管理，实现对地铁车辆进行系统、子系统、零部件等不同层级，以及区域、功能、物理等不同分解维度构型的搭建和维护。基于构型搭建车辆履历管理，通过汇聚融合 5G 实时状态、告警预警信息、生产计划执行信息、电子化维保记录等数据，实现车辆系统 / 部件全生命周期不同阶段的



信息融合和共享。

## ◎ 场景类型 12：生产能效管控

地铁车辆实时采集列车运行速度、运行里程、运行位置、载重，以及牵引能耗、辅助能耗、充电机能耗、制动电阻能耗、再生能耗、空调能耗、总能耗等能耗关联数据，通过5G专网每500ms传输至云端分析平台。平台可以对车辆能耗状态以及各类能耗占比情况进行可视化展示，对车辆能耗关联数据进行实时检测，



识别能耗异常的车辆。通过建立能耗智能分析算法，实时计算车公里能耗，分析能耗变化趋势与运行速度、载客量等因素关系，优化调整列车信号控车曲线，支持运行节能优化。

## ◎ 场景类型 13：虚拟现场服务

通过对地铁车辆司机室、客室、车底、车侧灯各类部件进行图片采集，借助BIM、360°全景技术在数字世界虚拟真实的地铁车辆，实现以360°全景视角体验和感受地铁车辆真实环境。特别在新员工车辆部件认知培训阶段，随时自由浏览、自由操作的特性，可以提供更加灵活、更加人性友好、更加贴近真实场景的数字化虚拟培训能力，以沉浸式体验提升培训学习



效率。通过对5G专网回传的车辆故障信息以及关联数据进行提取，对故障应急处置指南进行结构化处理，联动360°全景培训平台，实现正线故障的模拟复现，辅助开展故障应急处置培训。

## 五、建设价值

### 1. 经济价值

通过项目的实施，5G+AI工厂节省人工、物料等成本产生的直接经济效益约77.3万元/年/线路。从地铁车辆30年全寿命周期计算，空调、轴承等车辆设备将维保周期从5年延长至8年以上，并且通过延长设备架大修维保周期，全寿命累计可节省成本可超过780万元/列车。将项目成果推广至深圳地铁全线网乃至轨道交通行业，将产生非常可观的经济效益。

### 2. 社会价值

通过5G+AI工厂的建设，实现地铁车辆“安全可靠”、“舒适满意”双提升，秉承“从心出发，为爱到达”的服务理念，为市民乘客提供高品质出行服务。同时联合产业生态，在标准制定、产学研联合、创新示范、行业分享等多维度推动行业维保数智化转型发展，提升深圳地铁在行业内的品牌影响力，为推动产业发展起到示范和引领。

北京市

## 09. 京东物流北京 5G 工厂

北京京东乾石科技有限公司

### 一、项目概述

京东物流以“物流服务 + 物流科技”融合的一体化供应链为核心，具备自动化、数字化能力，拥有 5G 智能物流园区、全连接智能仓等实践成果，是物流行业首个五星级 5G 解决方案供应商。本项目聚焦生产管理，融合 5G、物联网等关键技术，构建覆盖 13 类典型应用场景的一体化 5G 工厂，推动供应链与信息技术深度融合，提升物流生产管理效率与智能化水平，打造 5G 融合应用标杆。

### 二、建设需求

在供应链物流领域，实现“三化”转型面临四大难题：信息孤岛现象导致协同工作难以实现、Wi-Fi 的不稳定性难以满足低时延的需求、多种设备的定制网络增加了运维成本、现有设备缺乏高效网络支持难以进行升级。5G 工厂的建设被视为解决这些问题的关键，核心需求包括：利用 5G 网络切片技术构建统一的网络环境，取代现有的碎片化连接方式；依托 5G 端到网到边到云的架构，整合分散的系统；利用 5G 技术为现有设备赋能，实现低成本的升级；构建 5G 监控系统，降低运维的复杂性。

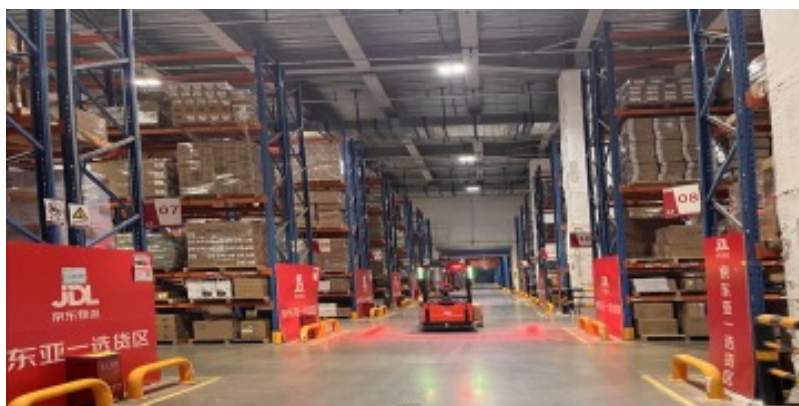
### 三、建设方案

项目旨在构建一个 5G 端 - 网 - 边 - 云协同架构的智能工厂，通过端侧终端、统一的 5G 网络、边缘节点与云端的协同工作，实现数据的高效流转，以支撑上层应用。在基础设施方面，项目部署了一个覆盖 2 万平方米厂区（包括 5 个车间 / 仓间）的 5G 专网，确保了信号的稳定性；同时，项目还部署了边云协同管理系统与全链路网络管理系统，以强化作业与运维能力。在现场，升级部署了 5G AMR 叉车等 8 类关键设备，打造了智能物流、机器视觉质检等 13 类 5G 应用场景，贯通了供应链的核心环节，实现了全流程的智能化闭环管理。

### 四、应用场景

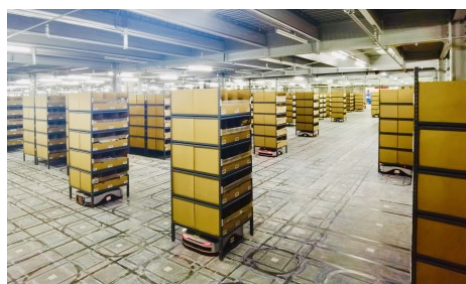
#### ◎ 场景类型 1：厂区智能物流

通过 5G 网络连接叉车机器人，将机器人调度逻辑和算力上移部署到边缘的 WCS (Warehousing Control System, 仓储控制系统) 和云端的生产调度系统，实现对设备的实时监测和全局调度，降低多设备水平拓展和协同的复杂度。



### ◎ 场景类型 2：设备协同作业

基于 5G 专网替代 Wi-Fi，连接超百台 AGV 集群，消除漫游“心跳超时”问题。结合京东物流自主研发的 WCS 系统及动态调度算法，实现高并发通信与路径优化，避免拥堵卡顿。5G 网络保障数据实时同步，提升多设备协作流畅度，集群作业效率增幅最高超过 20%。



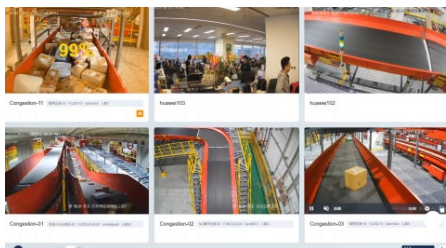
### ◎ 场景类型 3：厂区智能理货

基于 5G PDA 设备与 5G 虚拟专网，实现仓储理货作业的高效数字化升级。5G 网络提供高速、稳定的数据传输能力，确保 PDA 与云端 WMS (Warehousing Management System, 仓储管理系统) 实时同步，支持扫码、库存核对、状态追踪等操作的毫秒级响应。5G 低时延特性保障数据即时上传，避免传统 Wi-Fi 易出现的信号波动或数据丢失问题，同时支持灵活开仓与快速部署，适应不同仓储场景需求。通过自动数据采集与智能校验，彻底替代纸质记录，减少人工干预，提升作业标准化水平。



### ◎ 场景类型 4：生产现场监测

基于 5G 网络与边缘计算技术，构建智能化生产监测系统，实现工厂存量监控设备的低成本升级。系统通过 5G 网络实时传输高清视频流至边缘计算节点，利用 AI 视觉算法对输送线运行状态进行智能分析，实现秒级异常检测。5G 大带宽特性保障高清视频稳定传输，低时延特性确保告警信息即时推送。系统支持按需画面拉流功能，管理人员可远程调取实时画面进行确认，异常感知周期从 20 分钟下降到 1 秒，异常处理及时率提升至 99%。



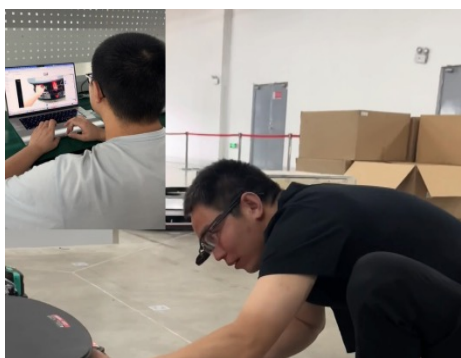
### ◎ 场景类型 5：生产单元模拟 / 设备故障诊断 / 设备预测性维护

基于 5G 网络和京东物流自研 3D 数字孪生引擎，构建全工厂级虚拟仿真系统，实现物理工厂与数字模型的实时映射。系统通过 5G 低时延、大带宽特性，实时采集 28 类自动化设备（包括 5G AGV、RGV 等）的运行数据，驱动数字孪生模型动态更新。结合 AI 分析引擎，对设备状态、生产流程进行实时监测与异常诊断，并支持预测性维护，降低非计划停机，保障高质量运营。



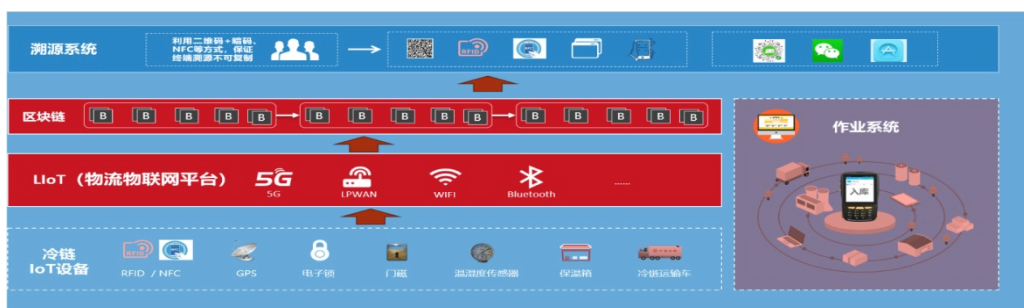
### ◎ 场景类型 6：虚拟现场服务

现场运维人员通过 5G AR 智能终端，将设备异常的高清画面实时传输至远程专家平台。依托 5G 超低时延和大带宽特性，专家可通过云端界面进行实时标注、操作指引，并以 AR 叠加方式呈现在现场人员视野中，实现“视觉同步、操作同步”的精准协同。互动过程全程录制，自动生成可追溯的数字化运维档案，形成企业知识库。通过 5G 与 AR 技术的深度融合，企业可构建新一代智能运维体系，通过经验数字化、人才梯度化和维修标准化，实现服务响应速度和服务质量的双提升。



### ◎ 场景类型 7：生产过程溯源

整合 5G、区块链、GIS 和 IoT 技术，构建端到端冷链可信溯源系统。通过 5G 网络实时回传温湿度传感器数据，结合区块链不可篡改特性，确保从产地到消费者的全链路数据真实可靠。GIS 系统实现运输轨迹可视化追踪，IoT 设备实时监控冷链环境。系统自动触发温控异常预警，并基于京东供应链大数据优化配送路径，冷链 211 时效占比超过 89%。



### ◎ 场景类型 8：精准动态作业

依托 5G+ 北斗高精度定位的 PDA 手持智能终端，实时传输物流配送作业人员的动态位置数据，

结合云端智能化作业系统的算法，实现任务自动分配、最优路径规划和拥堵预警，推动物流作业从“经验驱动”向“数据驱动”的智能化转型，重新定义了现代物流的效能标准。

## ◎ 场景类型 9：机器视觉质检

基于 5G+ 边缘机器视觉，月台装载智能监测系统实现月台作业车辆行动状态与装载率实时监控。系统通过无线替代有线，边缘计算替代摄像机终端计算，极大简化系统的部署工作，成本更优、升级也更灵活，并可实时联动智能场站调度系统，通过装载率质检，实现综合装车效率提高 35%。



## ◎ 场景类型 10：工艺合规校验

5G 智能 PDA 终端，深度融合 5G 通信、北斗定位与气压传感技术，构建三维立体定位体系。



通过 5G 网络实时传输高精度定位数据，结合气压计楼层识别算法，智能终端可精准判断配送人员的水平位置与垂直楼层，实现“门到门”的导航指引。该方案突破传统定位技术在复杂建筑环境中的局限，确保末端配送的精准可达性，有效解决错投、漏投等行业痛点，显著提升最后一公里的服务品质与客户满意度。

## ◎ 场景类型 11：远程设备操控

京东物流推出的 L4 级自动驾驶智能快递车，通过 5G 网络实现“云端监管 + 自主配送”的创新模式，在公开道路完成全流程无人配送。搭载 5G 模块的智能快递车可实时回传多路高清视频流，使云端安全员能够远程监控并及时处理突发状况，在确保配送安全性的同时显著降低运营成本，有效提升物流效率与服务品质。



## ◎ 场景类型 12：生产能效管控

通过自主研发温室气体数字化引擎，融合 5G、物联网与区块链技术，创新构建物流 MRV (Monitoring, Reporting and Verification, 监测、报告、核查) 管理体系，通过智能监测碳排放、精准核算碳足迹、可信存证碳数据，打造覆盖能源管理、设施共享、循环利用全环节的碳中和解决方案，实现物流园区碳排放的数字化精准管控与绿色化智能优化。





### ◎ 场景类型 13：全域物流监测

5G 全域物流监测场景基于厂内物流、仓储、生产协同以及人、车、设备、物品等监控数据构建“数字孪生”可视化大屏，实时监控物流流量、效率、瓶颈点、资源利用率及库存等关键指标，实现端到端物流可视化与优化，展现整体掌控能力。



## 五、建设价值

### 1. 经济价值

项目通过大规模部署数字化、自动化以及智能化技术，显著改善了内部物流的运营成本并提升了服务效率。在行业影响方面，鉴于 3500 亿规模的仓储自动化市场，作为行业标杆，10% 的效率提升将为行业带来超过百亿元的增值，显示出巨大的价值潜力。京东物流作为首个获得三星级 5G 物流解决方案供应商认证的企业，与产业链上的合作伙伴共同实施了工厂智能仓储、政府物流枢纽等关键项目，促进了超过十亿元规模的产业投资和消费升级，实现了经济效益与产业推动的良性循环。

### 2. 社会价值

京东物流依托其完善的物流网络和先进的物流科技，致力于构建一体化的供应链体系，推动新型生产力的发展。公司积极履行新型实体企业的社会责任，与国家工业振兴和乡村振兴战略保持同步，有效打通物流行业的“大动脉”。此举不仅促进了各行各业的成本降低和效率提升，还助力于生产和消费的双向促进，畅通了国内国际双循环，为社会的可持续发展贡献了价值。