

2022 年度能源领域 5G 应用典型案例汇编

国家能源局

工业和信息化部

前 言

为贯彻落实党中央、国务院关于加快推动 5G 应用的相关部署要求，推进《能源领域 5G 应用实施方案》及《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》的相关任务，加速 5G 等新型信息技术与能源转型发展深度融合，国家能源局与工业和信息化部于 2022 年联合开展了能源领域 5G 应用典型案例征集活动，旨在激发能源领域各行业的创新活力，拓展能源领域 5G 应用场景，探索可复制、易推广的 5G 应用新模式、新业态，支撑能源产业高质量发展。

本次能源领域 5G 应用典型案例征集活动聚焦 6 个方向，即：智能电厂+5G、智能电网+5G、智能煤炭+5G、智能油气+5G、综合能源+5G、智能制造及建造+5G，共收到 198 个能源领域 5G 应用案例，覆盖全国 26 个省、自治区、直辖市，以及 14 家能源领域、信息通信领域中央企业。经专家评审和复核，最终遴选出 33 个典型案例。总体来看，5G 技术逐步与能源各行业融合创新发展且深度不断增加，取得了积极的示范效应。

为进一步总结案例经验，我们面向《能源领域 5G 应用实施方案》中的 6 个重点方向，将 33 个典型案例编撰成册，形成“2022 年度能源领域 5G 应用典型案例汇编”，以供交流与推广。

目 录

一、智慧电厂+5G	1
01 上海石洞口第二电厂：基于边缘计算的 5G 智慧电厂	1
02 云南元谋物茂发电厂：5G+智慧光伏电站方案	10
03 天津华电：5G+人工智能在电力安全生产中的实践应用	15
04 江苏核电：基于 5G 的田湾核电基地智慧电厂	23
05 内蒙古东胜热电：全覆盖、全应用示范 5G+智慧火电厂	28
06 云南糯扎渡电站：5G+全域应用助力华能水电智慧转型	34
二、智能电网+5G	41
07 国网山东电力：省域 5G 电力专网赋能新型电力系统.....	41
08 国网浙江电力：5G 高弹性电网助力“双碳”目标	48
09 国网北京电力：5G 智能电网助力天空地一体化冬奥.....	54
10 南网总调：构筑 5G 电力应用网络安全堡垒.....	61
11 国网江苏电力：5G 助力输配电网智能高效运维.....	67
12 广东电网：省地协同 5G 虚拟专网规模应用及自服务管理.....	76
三、智能煤矿+5G	84
13 内蒙古白音华：露天煤矿宽体自卸车 5G+无人驾驶	84
14 国电建投内蒙古能源：5G 网络服务与应用项目.....	90
15 中煤陕西大海则煤矿：复杂环境下的智慧安全开采	97
16 新疆哈密疆纳矿业：露天煤矿无人驾驶项目	104
17 山西新元煤矿：5G 网络技术应用与研究.....	111
18 河南平宝煤业：煤矿开采全流程业务互联	118
19 新疆玛纳斯天欣煤业：5G+智能矿山应用案例	126

四、智能油气+5G	131
20 华润燃气：5G 智慧巡检保障燃气安全生产.....	131
21 国家管网：基于 5G 的“工业互联网+安全生产”应用.....	139
22 广州石化：5G 赋能安全、绿色、智慧新石化.....	145
23 深圳燃气：5G+智慧燃气数字赋能超大城市公共安全.....	154
24 中海炼化：“5G+工业互联网”智能工厂.....	162
25 湖北四机赛瓦：5G 助力大功率油气压裂机组施工.....	169
五、综合能源+5G	174
26 新奥临空能源：临空经济区综合能源智慧化运营.....	174
27 广东电力设计院：5G+E-Block 智慧园区示范.....	180
28 湖南华自科技：基于 5G 的园区微网源网荷储互动调控示范站.....	186
29 雄安智慧能源：智慧能源运营平台助力能源高质量发展.....	191
30 陕煤榆林化学：5G 助力“安全、绿色、高效、智能”生产.....	198
六、智能制造与建造	205
31 河北黄骅港：5G 智慧港口创新应用项目.....	205
32 国核示范：国和一号 5G 智慧工地项目.....	210
33 天津海油工程：5G 智慧工厂项目.....	217

一、智慧电厂+5G

01 上海石洞口第二电厂：基于边缘计算的 5G 智慧电厂

一、案例概览

所在地市：上海市宝山区

参与单位：华能国际电力股份有限公司上海石洞口第二电厂、中国移动通信集团上海有限公司

技术特点：利用 5G+行业虚拟专网，解决覆盖火电厂全生产流程的人员管控、生产管理难点；利用 5G+MEC 无线虚拟专网，满足电厂关键数据实时性、安全性传输的需求

应用成效：作业现场司机减少 20 人，人力成本降低 400 万元/年；故障维修成本降低约 100 万元/年；燃煤耗用量减少 0.3%/年，约 1.5 万吨，助力节能减排，燃料节省约 600 万元/年

二、案例基本情况

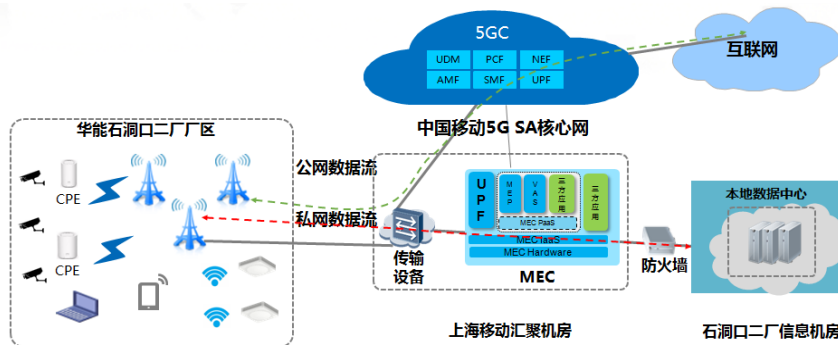
华能国际电力股份有限公司上海石洞口第二电厂（简称“石洞口第二电厂”）成立于 1998 年，是一家以从事电力、热力生产和供应为主的企业，发电能力位居全国前列，先后荣获全国电力企业“一流火力发电厂”、国家电力公司“双文明单位”、“上海市最佳工业企业形象单位”、“上海市文明单位”等荣誉称号。

国家大力推进发电行业数字化转型，鼓励发电企业利用 5G 等现代信息技术对其信息化、智能化系统进行改造，以实现行业业务的实时监测和有效管控。当前，电厂转型发展面临三大痛点：**一是**人员安全管理效率低，危险区域

人员违规行为处理以事后追责为主，无法事前预防；二是实时生产数据采集难，导致自动化及智能化程度低。由于现场传感器数量少，数据采集多以人工巡检为主，工作效率较低无法满足智能分析的要求；三是传统有线及无线网络应用范围受限。光纤等有线网络部署不灵活、耗资大，而 4G 网络及 WIFI 带宽不足、时延高、稳定性差等。为了解决上述痛点，石洞口第二电厂联合上海移动开展 5G 智慧电厂探索，落地多项 5G 应用场景，助力电厂实现少人化、智能化生产。

三、 案例技术路线

该案例部署 5G+MEC 虚拟专网，满足关键数据实时性、安全性传输需求。在网络覆盖方面，在厂区共部署 6 个宏基站和 60 个室分基站实现 5G 网络全覆盖，保障业务高质量传输；在组网架构方面，采用 UPF 设备下沉方式组成边缘计算专网满足数据分流需求，实现厂内生产数据本地流量闭环，同时满足业务低时延需求；在网络安全方面，通过组网安全防护、UPF 设备防护、通用安全防护三方面技术提升网络安全的可靠性、稳定性。



5G 网络组网架构图

四、 案例应用场景

该案例通过融合 5G MEC 技术，落地多个应用场景，覆盖卸煤、输煤、验煤、掺配煤至主设备发电等生产流程，解决作业人员安全管控难、生产管理移动应用少等痛点。

● 5G+卸煤流程：推动卸煤管理智能化

电厂码头的卸船机用于燃煤接卸，传统接卸方式下司机操作规范性差，设备故障率高、安全事故多发。该场景利用 5G+高清视频监控可远程实时监控机房内钢丝绳卷筒工况，发现有异常缠绕或脱绳则自动识别并报警，及时通知相关人员处置，有效减少了因操作不当造成的事故和设备损耗。



卸船机监控



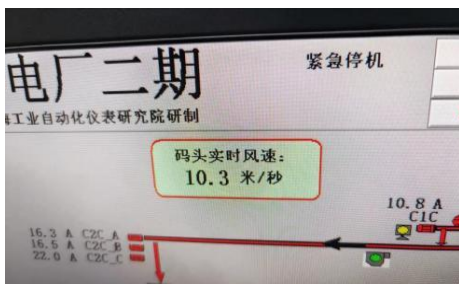
异物缠绕警告

同时，该场景通过 5G 超高清视频远程监控卸船机料斗，并结合人工智能算法自动识别下料流畅度，每当装卸到流动性差的煤料，可通过 5G 网络自动控制料斗的卸煤速度，有效解决煤料粘堵的问题。



图像识别落料情况

针对卸煤码头强风频发的特点，该场景利用风速监控设备采集码头风速信息，并利用 5G 网络将其实时回传至平台，实现自动超限预警功能，使管理人员随时随地掌握前方码头实况，提前通知司机停车避险。同时，该场景在卸船机锚定装置加装 5G 监控摄像头，操作人员借助监控算法与预警画面进行锚定锁定，提升锚定效率和避险速度。



风速实时监控

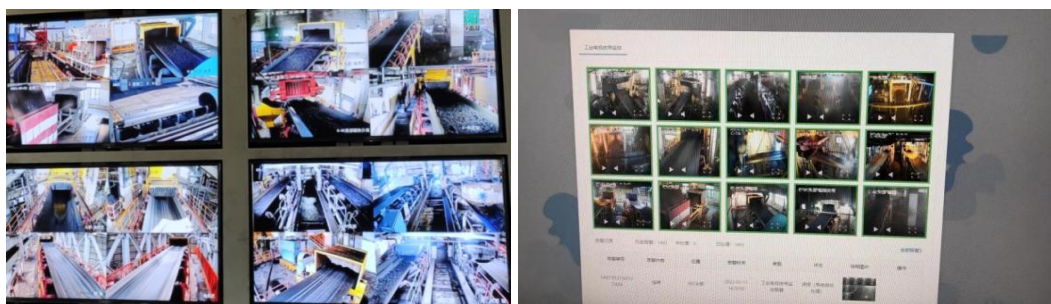


卸船机锚定装置 5G 监控

● 5G+输煤流程：实现输煤安全化、智能化

输煤流程指通过多条皮带将煤炭运输至厂内煤场储存，

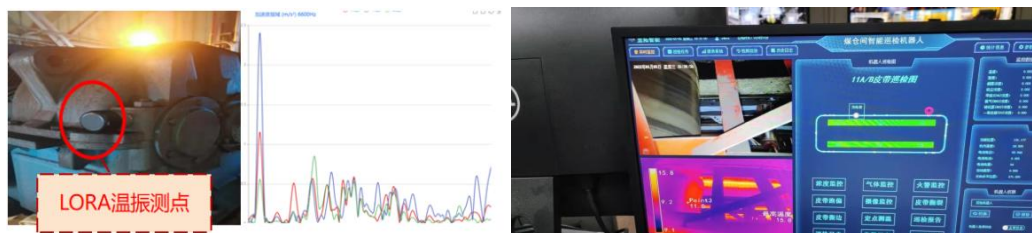
再由煤场转运至各锅炉使用。该场景将 5G 工业相机和机器学习算法相结合形成自动识别系统，可识别 15 条高风险皮带的跑偏、溢煤、撕裂等故障情况，并及时发出警报。



设备运行现场画面

机器视觉自动识别

此外，该场景采用 5G+LORA 物联网无线感知温振测点和 5G 输煤廊道机器人自动巡检的解决方案，解决皮带沿线巡检环境恶劣、人工巡检效率低、安全风险大等痛点。该场景通过将自主研发的 5G 移动式火险点热成像测温监控设备应用于动火票执行流程，可以实现相关业务的按需快速布置。该场景应用于夜间值守，如有异常温升可及时自动报警，将火灾扼杀在早期状态。



5G+LORA 物联网无线感知温振测点

5G 输煤廊道机器人自动巡检

● 5G+验煤流程：提升煤质化验准确性

验煤流程指从煤料中取样化验的过程，确保煤质化验数据准确，为燃料配比提供依据。该场景利用 5G 摄像头采

集取样车运行状态视频，并借助 5G 网络大带宽特性将视频信息实时传输至中控室，结合机器学习算法实现车辆进入异常路线或人员异常动作的自动报警。



5G 车载监控

针对煤质校验问题，该场景基于 5G+煤质大数据分析和神经网络算法，利用锅炉燃烧时各项参数推算得出磨煤机实时入炉燃料的煤质指标，并将其作为入炉煤质采样化验准确性的校验依据，指导中控值班员优化燃烧控制，提高锅炉燃烧的稳定性和效率。



大数据分析计算

● 5G+掺配煤流程：实现无人值守“云监工”

煤场是电厂的“粮仓”，也是整个燃料输送系统的枢纽，

负责煤炭存储并根据燃烧需求进行不同煤种的掺配供煤。煤场内堆取料机通常采用人工作业方式，作业环境差且人工操作易出错。该场景借助5G+物联网技术，实现燃煤电厂圆形、条形两类主流煤场堆取料机无人值守“云监工”，形成了堆取料机无人值守自动运行方案，相关成果已获得两项发明专利，促进行业规模推广。



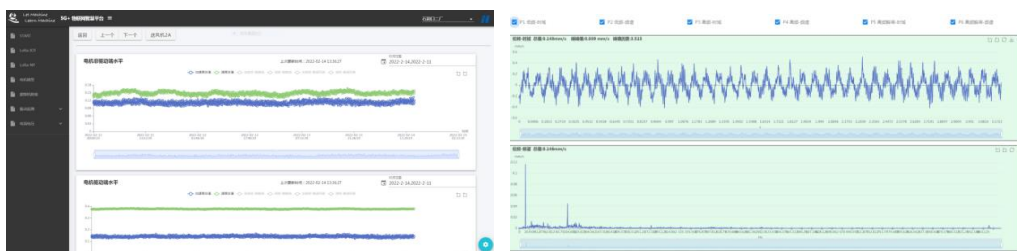
圆形煤场堆取料机无人值守



条形煤场斗轮堆取料机无人值守

● 5G+发电设备信息采集：助力设备预测性维护

发电过程是煤炭经过研磨，喷到锅炉中燃烧，将水变成高温高压蒸汽，带动汽轮机和发电机旋转做功，产生电力。该场景利用振动、温度、电流电压、压力等监测仪采集辅机参数信息，并通过5G网络传输至云平台，平台用智能算法进行频谱分析，实时监测辅机设备的健康状况，制定状态检修策略有效降低检修成本，提高设备可靠性。



5G 实时检测设备振动情况

● 5G+作业人员安全管理：保障安全生产

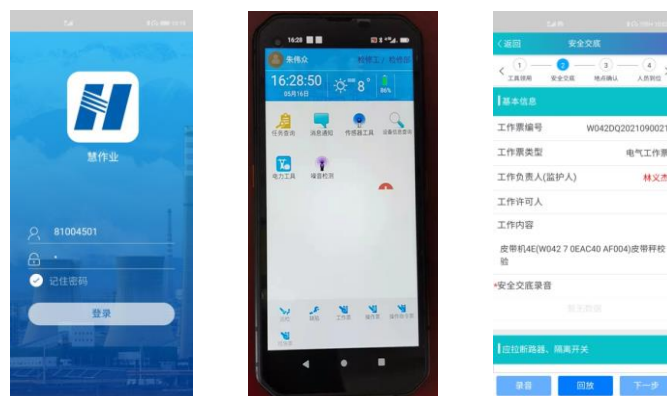
为解决发电企业作业环境差、危险系数高、安全隐患大等问题，该场景利用 5G 摄像头、智能安全帽等终端设备捕捉现场实时画面，自动进行违章识别，并通过现场报警、手机推送提醒等功能，提高作业人员安全管控效率。



5G 安全管控平台

● 5G 生产管理移动应用：助力智能化管理

电厂生产设备众多，检修运行管理任务繁重，管理效率亟待提高。该场景构建了基于 5G 网络的智能生产管理移动应用平台，实现巡检、缺陷、工作票、操作票等智能化管理的现场实际应用。



生产管理移动应用平台

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例借助 5G 技术，实现燃煤电厂两类主流煤场堆取料机全部无人值守“云监工”，并获得两项发明专利。该案例利用 5G 技术改善员工作业环境，减少现场司机 20 人，人力成本减少近 400 万元/年。该案例 5G 应用助力设备自动化、平稳化运行，故障维修成本可节省 100 余万元/年。此外，精确堆取后燃煤耗用量 1.5 万吨/年，占比约 0.3%，节约燃料费用 600 余万元/年，助力节能减排。

（二） 环境和社会效益

在 5G 技术的助力下，电力行业将逐步形成智能、高效的新局面。随着 5G 智慧电厂综合应用的深化发展，会产生一系列产业效应，如产业关联效应、产业激励效应和产业示范效应等。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例典型经验包括三个方面：**一是**坚持问题导向。通过 5G 技术在生产管理方面 7 类应用、21 种细分场景，解决从卸煤、输煤、验煤、掺配煤至主设备发电全流程的生产管理难点；**二是**瞄准产业痛点。通过自主研发的便捷 5G+物联网产品，降低部署成本，规模部署后支撑解决传统控制系统测量监视点数据不足的问题，为大数据分析奠定基础；

三是注重成果转化。通过积极申请知识产权，促进行业内推广。该案例共申请25项知识产权和一项产品商标注册，其中10项已取得授权，研发了5种5G相关产品并在本厂推广使用。

02 云南元谋物茂发电厂：5G+智慧光伏电站方案

一、 案例概览

所在地市：云南省元谋县

参与单位：华能新能源股份有限公司云南分公司、中国移动通信集团云南有限公司、中国移动通信集团云南有限公司楚雄分公司、中移物联网有限公司、泓识智汇（北京）科技有限公司、华为技术有限公司

技术特点：利用 5G+物联网、大数据、人工智能、云计算、边缘计算等技术，形成智慧光伏运维一体化平台；利用 5G+AI 技术，实现智能诊断、无人机自动巡检、机器人巡检、安全管控等 5G 应用，实现电厂运营降本增效

应用成效：发电量提升 2.1%，整体经济效益提升 590 万元/年；运维效率提高 46.7%，设备运维费减少 28.3%以上

二、 案例基本情况

元谋物茂光伏电站坐落于云南省楚雄州元谋县物茂乡，隶属中国华能集团，电站总投资超 33 亿，总装机容量 550 兆瓦，是目前亚洲最大的山地光伏电站。

元谋物茂光伏电站在生产运营中存在以下痛点：**一是**山地光伏区域分散、地块跨度大、地形复杂运维难，少人化甚至无人化管理需求迫切；**二是**电厂对网络安全要求高，

传统无线通信无法满足安全隔离要求。为解决上述痛点，元谋物茂光伏电站联合云南移动、中移物联、华为等单位探索 5G 智能化应用，助力电站提升智能化运维管理水平。

三、 案例技术路线

该案例利用 5G 融合物联网、大数据、人工智能、云计算、边缘计算等技术，在赋能层为光伏电站提供安全、高效、稳定的基础“底座”。在平台层加速实现物茂光伏电站的集约化运营、高效化运转以及信息化构建，形成智慧光伏运维一体化平台。在应用层开展 5G 数据采集、5G 智能诊断、5G 无人机自动巡检、5G 安全管控等 10 余项 5G 应用建设。三层架构支撑构建全面、快速、准确的电站感知能力体系，实现智能分析与生产运营的高效协同，为电站安全稳定运行、风险预控提供技术基础，为大规模光伏电站高效维检、安全管控提供技术手段。

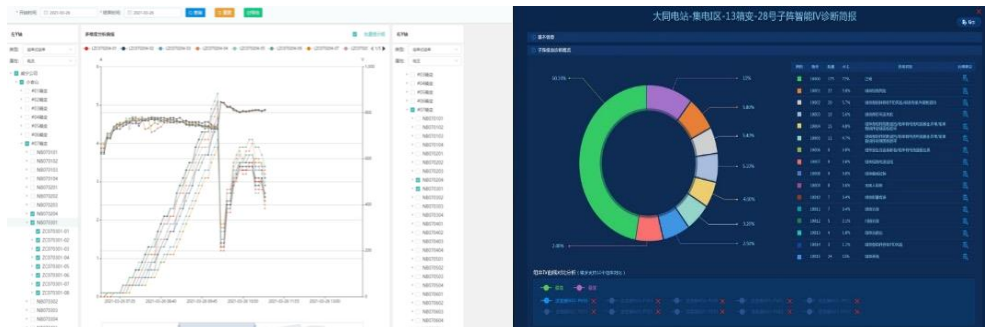


5G 网络架构方案

四、 案例应用场景

● 5G+逆变器无线采集：提升光伏组串故障识别精度

物茂智慧光伏通过 5G 监控系统下发 IV 诊断指令至逆变器，逆变器接收到 IV 扫描指令后，单路组串电压回到开路电压。逆变器从开路电压一直扫描到最低电压，并根据 IV 曲线变化趋势，判定故障位置或完成定期体检任务。该场景打破传统有线数据传输方式，采用 5G 电力虚拟专网实现工控系统数据传输，在保障数据安全性的同时，为 5G 技术在工业控制系统上的安全性应用作试点验证。



5G+逆变器无线采集、IV 智能诊断

● 5G+设备状态感知：实现电厂精益化运营

该场景利用传感器实时采集变压器运行状态数据，通过 5G 网络将电力设备的在线综合状态数据上传至监测平台，平台基于数据模型对获得的数据进行整理和分析，并对设备的健康状态进行评估、诊断和预测，支撑开展精益运维、故障预测、智能改造及资产管理等多类高级应用，助力构建完善的电力设备全生命周期管理体系。



5G 全生命周期管理体系

● 5G+无人机、机器人巡检：提升设备运维水平

该场景在作业现场部署无人机智慧机库、巡检机器人等行业终端，并依托 5G 电力虚拟专网进行指令的下发及回传，以实现各区域作业终端的数据采集与自动线路规划。例无人机采集的视频数据，通过 5G 网络传输至云端，并利用 AI 算法进行故障自动识别，识别准确率接近 100%。该场景可实现组件缺陷问题及时发现，大幅提升运维效率。



5G+无人机、机器人巡检现场图

● 5G+一体化管理平台：助力便捷化管控

智能一体化管理平台是物茂 5G 智慧光伏电站顶层管理平台，集成各项智慧化业务系统，如逆变器 IV 智能诊断、

光伏区低空自动巡检、升压站自动巡检机器人、光伏板清洁机器人、安防综合管理平台等，打破电厂各业务系统的信息孤岛，对多业务系统进行一体化管理，满足不同工作人员的数字化工作需求。



5G+物茂智慧光伏智能一体化管理平台

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例依托智能化手段实现发电量提升 2.1%，运维效率提高 46.7%，设备运维费减少 28.3%以上，整体经济效益提升 590 万元/年。同时由于已部署网络架构的可演进性，网络维护成本将持续减少。

（二） 环境和社会效益

一是该案例以提质增效为中心，以改革创新为动力，推动能源供应从规模速度向质量效益转变。**二是**响应华能集团智慧集成、开放合作的发展理念，立足于先进的能源技术，不断提升创新发展能力，运用边缘计算、人工智能、5G 通信等技术，实现物茂光伏电站全面智能化。**三是**该案例

例将为新能源发展提供有力的技术支撑和样板指导。

六、 案例典型经验和推广前景

目前的光伏电站的信息化方案多以软件为主，以 5G 为能力基础的“定制化整体解决方案”仍然较少，亟需通过价值挖掘形成 5G 智慧新能源电厂的标准化方案，并通过多地推广降低定制化设施成本。

随着光伏行业技术成熟和成本下降，光伏发电已成为最具竞争力的电力能源。光伏行业重心也逐步由初期项目投资向中后期的生产运营转移，由资产布局向全生命周期的资产管理过渡。

03 天津华电：5G+人工智能在电力安全生产中的实践应用

一、 案例概览

所在地市：天津市

参与单位：中国华电集团有限公司天津分公司、中国联通网络通信有限公司天津市分公司、北京必可测科技股份有限公司、华为技术有限公司

技术特点：利用 5G+AI 机器视觉技术，解决生产过程人员高风险作业的安全管理问题；利用 5G+UWB 定位技术、数字三维建模技术，解决人员实时定位不准确问题；利用 5G+巡检机器人，解决人工巡检难度大、效果差、成本高等问题；利用 5G+智能安全帽，解决生产现场应急处置时效性不足问题

应用成效：监测效率提升 28%，作业效率提升 35%，发电可靠性提升至 99.99%，运营效率提升 42%，误操作率下降 26%，人工成本下降 140 万/年，非计划停运减少 0.5 次/年

二、 案例基本情况

中国华电集团有限公司是国家电力体制改革后组建的国有独资发电企业，也是受国资委监管的特大型中央企业。中国华电集团有限公司天津分公司（简称“天津华电”）负责中国华电集团有限公司在天津市的发展规划、项目运营、管理协调等工作。运营及在建装机容量占天津总装机容量27.3%，供热面积约占天津市热电联产机组供热面积的36.8%，在津投资规模居五大发电集团之首。

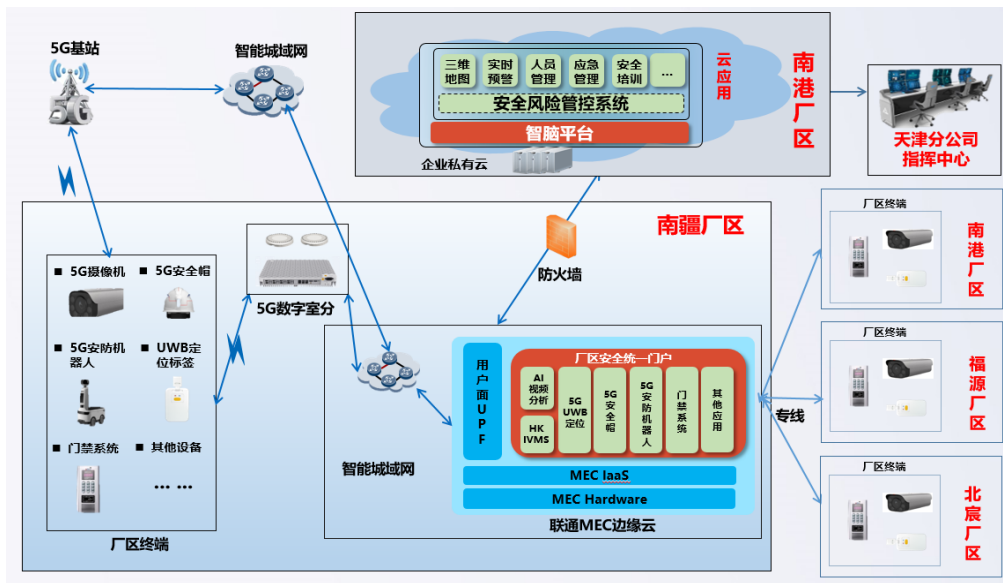
在电力行业，安全生产是第一要务，是保障企业生产经营的首要条件。近年来，电力企业安全生产管理面临以下痛点：**一是**安全隐患多、管理难度大。随着作业审批、隐患排查治理、风险防控等各类安全数据信息不断增加，时常出现“不会管”、“管不好”的尴尬局面；**二是**管理手段落后，亟待更新升级。传统的安全生产管理手段已经无法与新形势下安全管理工作的实际需求相匹配。基于上述痛点，天津华电联合天津联通、北京必可测、华为等合作伙伴，结合5G、AI、工业互联网等新技术，打造本质安全型发电企业，创新电力生产企业安全管控模式，赋能区域高质量转型发展新动能。

三、 案例技术路线

本案例聚焦发电厂的安全生产过程多个场景，结合5G、大数据、物联网等技术，采用三维数字孪生、AI视觉分析

等方式，建设智能安全风险管控平台；涵盖人员高精度定位、出入管理、作业管理、视频管理等功能应用，实现全厂管控的可视、可知、可控，提高企业生产经营效力，助力企业精益化管理水平再升级。

该案例采用 SA 独立组网的 5G+MEC 虚拟专网建设方案，在天津华电南疆厂区机房建设 MEC 边缘云，实现应用数据在主厂区内完成数据流循环，降低应用访问和调用时延，信令信息将通过联通智能城域网接入联通 5G 核心网，以完成接入点的鉴权与许可。



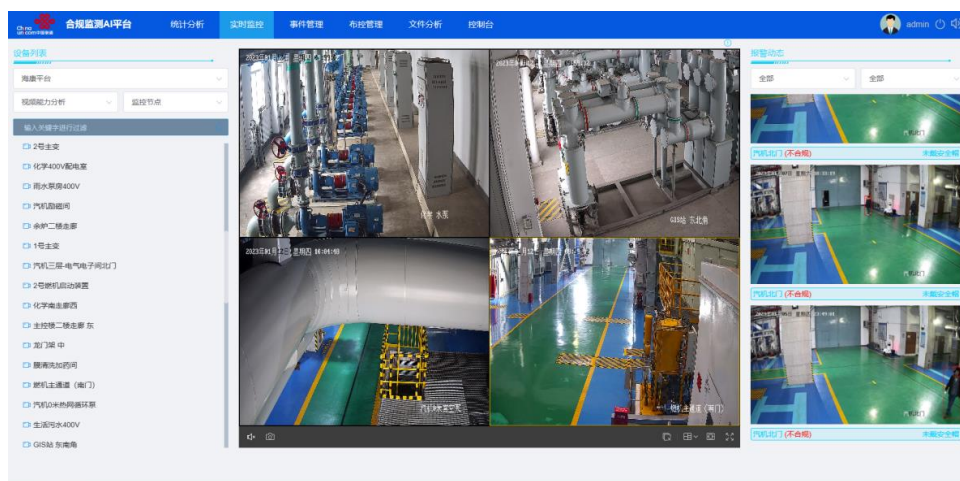
5G 网络建设方案

四、 案例应用场景

● 5G+AI 机器视觉应用：全厂智能监控，风险提前预警

该场景通过在 MEC 上部署 14 种智慧电厂的 AI 算法，实现 145 个摄像头的系统接入和改造升级，有效防范高空坠

落、中毒窒息等安全风险，显著降低综合事故发生率。同时，该场景通过检测人员穿戴合规性、作业工序合规性等，实现对生产现场的人员、工序、环境、设备等全方位智能化监管监测，助力构建来源可查、去向可追、责任可究、规律可循的安全管控体系。



5G+AI 机器视觉应用

● 5G+轮式/挂轨式巡检机器人：提升巡检质量，降低事故率

巡检机器人通过搭载高清摄像头、红外成像仪、温湿度检测仪等多种采集和检测仪器，以自动或者遥控的方式对设备进行逐一检查，获得设备外观、温度异常等信息。所获信息通过 5G 网络实时传输至云端，结合人工智能算法进行智能分析，如结合生产区域实际情况，在升压站、6kV 配电室等高风险区域，部署 5G 轮式和吊轨式机器人。该场景下单次巡检时间从 2.25 小时降低到 0.5 小时，人工成本节省 70%，巡检质量提升 60%，避免高风险区域人员触电风险。



5G+轮式/挂轨式巡检机器人应用

- **5G+UWB 高精度人员定位：作业人员可循、可控、可管**

该场景在厂区部署 280 个 5G 室分和 UWB 定位基站，现场人员位置信息通过佩戴的定位标签上传至 5G 网络，后台系统依托 5G+UWB 人员定位技术和三维建模技术实现整个生产区域人员位置信息的精准定位以及人员活动轨迹的实时追踪，其中人员定位精度可达到厘米级。同时，该场景可应用于安全生产监控系统，如结合智能两票系统，实时辨识作业人员、作业区域安全风险，支持违章行为的智能预警以及动态风险的实时联动，减少高空坠落、触电等安全事故的发生。



5G+UWB 高精度人员定位

● 5G+智能安全帽：提高指挥精准性和应急处置时效性

5G 智能安全帽系统用于解决安全生产现场作业过程中的系列问题，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、精细化的安全生产管理新模式。该场景通过配置30套具有14种功能的5G智能安全帽，有效提升远程应急指挥和现场应急处置的精准性、时效性。



5G+智能安全帽

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例通过 5G+AI 机器视觉应用、5G 巡检机器人、5G 智能安全帽、5G+UWB 人员定位等各类创新应用，在人、机、环、管四方面实现了“四升两降一减”，即：监测效率提升 28%，作业效率提升 35%，发电可靠性提升至 99.99%，运营效率提升 42%，误操作率下降 26%，人工成本下降 140 万/年，非计划停运减少 0.5 次/年。

（二） 环境和社会效益

该案例主要取得了三大成效。一是推动两化融合。基于 5G+智慧电厂安全平台，加速推进电力企业数智化转型，探索电力安全生产 OT+IT 新方向，落实两化融合，数字强国总战略；二是践行科技创新。通过 5G+智能安全风险管控的新模式，加大创新转型新力度，塑造企业安全管理新动能、新优势，落实“创新驱动发展”战略；三是夯实安全基础。落实习近平总书记“人民至上、生命至上”的重要指示，构建综合生态链，开辟发展新赛道，夯实电力央企安全“压舱石”的社会责任。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例是中国华电集团有限公司天津分公司联合 5 家基层电厂共同打造的 5G 智慧电厂安全项目，具有建设规模大、流程覆盖全等特点。项目经验包括三个方面：一是定位准。

安全是电力生产企业头等大事，华电天津公司将 5G、AI、工业互联网等新技术应用到安全管控环节，提升安全防护能力，落实“预防为主，综合治理”的方针路线，重塑安全管理新模式，培育华电天津区域安全新理念、新文化；**二是场景全。**通过建设 5G 网络及应用，串联电厂生产和管理安全线，形成“红橙黄蓝”四色分级风险管控模式，对“人、机、环、管”进行全流程的闭环管理，实现区域级公司和基层企业两级安全生产监督体系和保障体系的动态联动，夯实企业安全生产基础；**三是连接广。**通过建设各类 5G 应用，接入 5G 网络终端设备近千个，为电力行业实现“5G 全连接电厂”奠定坚实基础。

该案例成立华电天津区域的“1+1+N”（华电+联通+方案提供商）联合创新实验室，承接国家部委、省（市）各地区等专项课题研究和试点示范建设工作，并建立“政产学研用”工作模式，逐步推进华电集团内多家电厂的 5G 数智化升级。同时，在行业示范效应带动下，赋能全国千家发电企业转型升级，引领电力行业上下游产业创新发展，逐渐形成智慧电厂生态体系。

04 江苏核电：基于 5G 的田湾核电基地智慧电厂

一、案例概览

所在地市：江苏省连云港市

参与单位：江苏核电有限公司、中国移动通信集团江苏有限公司连云港分公司

技术特点：利用 5G 融合技术，实现智慧工地、智慧维修、智慧运行等多类应用，解决核电安全高效生产问题；利用 5G+核电工业应用开发生态系统，实现面向核电全产业链的创新应用

应用成效：巡检效率由人工的 1 小时降低至 10 分钟，管理成本降低 2000 万元/年；全年大修天数减少 2 天；5G+智慧运行保证文件执行零偏差

二、案例基本情况

江苏核电有限公司隶属于中国核工业集团有限公司，主要负责田湾核电站的建设管理、商业运行以及新厂址开发和保护。田湾核电站位于江苏省连云港市连云区，规划建设 8 台百万千瓦级压水堆核电机组，全面建成后将作为国内大型核电基地之一。2017 年，田湾核电站被誉为“中俄核能合作典范项目”。

安全生产是企业持续发展的第一要务，田湾核电站当前面临着以下痛点：**一是**安全质量监督范围不足。工程建设和生产经营过程中难以实现“纵向到底、横向到边”全覆盖风险管控；**二是**监测数据量不足。人员、安全、质量、环境等要素过程数据无法自动全面采集和分析；**三是**存在信息孤岛。大部分施工现场和生产区域相互独立，数据共享不足。为解决上述痛点，江苏核电联合移动基于 5G 等新

型 ICT 技术对核电产业进行技术改造与创新，以促进行业信息化、智能化水平的提升，推动安全高效生产。

三、 案例技术路线

智慧电厂的整体架构划分为四个层级，在支持层，物联网、5G 无线和北斗等接入基础设施，为智慧电站的数据实时通讯和采集等功能提供支持；在平台层，搭建基于大数据、人工智能和工业互联网平台，采用开放的架构，为智慧电站的应用提供支撑；在应用层，针对设计管理、采购管理、运行监控、生产计划等具体的应用，开展多个智慧电站应用场景探索。在交互层，移动终端与人工智能决策系统相结合，提高智慧电站安全运营水平。



5G 网络架构

四、 案例应用场景

● 智慧工地：实现数据驱动的施工全过程智能管控

该场景发挥 5G 网络大带宽优势，利用球机、枪机摄像

机等终端采集现场图像信息并通过 5G 网络进行传输，以实现
对目标机组和重点区域的全景视频监控。同时，该场景
可实现工程建设现场的实时监控以及安全行为的 AI 分析预警，
有效提高安全巡检效率，巡检时间从 1 小时缩减至 10
分钟，减轻作业人员负担。初步估计，该场景每年可减少
安全质量工作人员 20 人，节约管理成本 2000 万元以上。



5G+智慧工地平台

● 智慧维修：实现作业现场实时可视及业务协同联动

智能移动终端设备将现场工单的执行进度状态通过 5G
网络实时传输至数字化大修管理系统与电厂 SAP 生产管理
系统（OCC），以实现生产相关数据的集中管控和共享共用，
为大修指挥和科学决策提供数据支撑。该场景通过打破信息
孤岛、优化资源配置等方式促进大修各环节信息整合与
共享，推动大修管理业务移动化、数据可视化、管理智能
化以及决策科学化。在田湾核电站同年度最多有 5 台机组大

修的背景下，预计全年可节省大修天数 2 天，增加总收益 2112 万元。



5G+智慧维修平台

● 智慧运行：实现现场操作指令标准化和运行过程安全化

智慧运行电子操作单主要满足日常工作流程的记录需求，是传统纸质记录方式的电子化升级新形式，具体流程如下：现场作业人员在 5G 移动平板上的操控数据实时同步至主控室，值长、操纵员、现场三方实现数据共享，值长和操纵员可基于共享数据在线完成操作单审批工作。该场景改变了原有的电话传输指令方式，可支持多种标记符号开发、运行数据准确性自判断等功能，助力实现标记控件合理化、操作指令标准化以及逻辑应用广泛化，降低人为因素影响，推动文件执行零偏差。



5G+智慧运行

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

5G+核电市场规模庞大，以田湾基地1-4机组的5G虚拟专网为例，一期金额达2.2亿元，预计整个核电行业的5G专网规模在千亿级。

（二） 环境和社会效益

基于 5G 网络的智慧电厂可以有效地减少不必要的能源消耗，如通过智能化手段减少传统纸质单据流传和人工统计分析工作，为节约纸张和水电贡献力量。同时，智慧电厂将通过减少生产投入量、废弃物的产生量等措施降低厂用电率，增强环境应急处置能力，切实提升环境生态的保护效益。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例通过 5G 网络实现智慧工地、智慧维修、智慧运行等应用场景，大幅降低现场作业安全风险和纸质文件投入量，实现节能减排。案例采用端到端5G行业虚拟专网方案，相关核心技术经过实验室和现场测试，在核电领域具备落地可行性和快速可复制性。田湾核电站一期为1-4个机组，后续将向6-8个机组推广，进一步将覆盖秦山、福清、海南四个基地的21台在运机组。同时，开拓漳州核电、海南3、4号机等新建基站以及中核集团以外的核电机组，逐步形成从核电站设计到运行的全市场覆盖。

05 内蒙古东胜热电：全覆盖、全应用示范 5G+智慧火电厂

一、 案例概览

所在地市：内蒙古鄂尔多斯市

参与单位：国电内蒙古东胜热电有限公司、中国电信股份有限公司鄂尔多斯分公司、国能智深控制技术有限公司

技术特点：利用 5G+网络切片技术，建设火电生产专用网络，实现 5G 工业控制的安全接入，并开展多项 5G+工业物联网应用

应用成效：同时监控 10 个检修现场，检修工期缩短 5.2 天/年；人力成本节约 36 万元/年；材料费节约 35 万元；人员施工费 150 万元

二、 案例基本情况

国电内蒙古东胜热电有限公司（简称“东胜热电”）是中国国电集团公司、国电电力发展股份有限公司在内蒙古

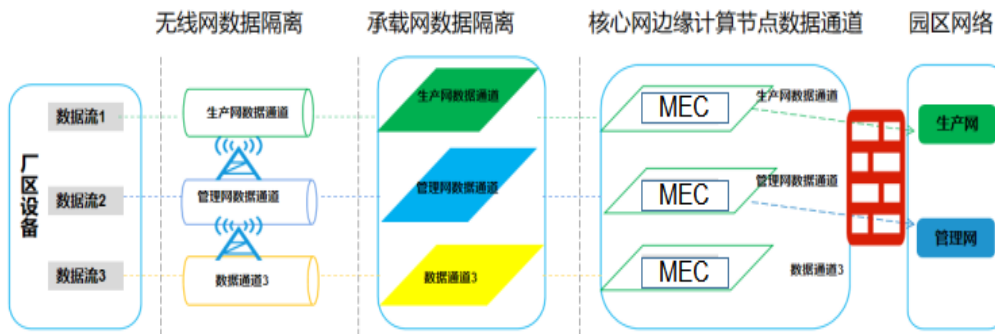
自治区建设的第一个火电项目。公司已建设 2 台 300MW 等级空冷供热机组，并分别于 2008 年 1 月 24 日、6 月 28 日双投产发电。

传统火力发电厂普遍存在以下痛点：**一是**现场设备自动化水平低。大部分设备需手动操作，且受限于控制电缆敷设难度，改造为有线远程控制难度较大；**二是**生产现场数据收集难。现场大部分区域缺乏通讯网络，无法根据需求灵活快速增加测量点；**三是**检修现场管理难。检修作业场景较多，无法实时监控现场存在的人员违章、环境异常等情况。为解决上述痛点，东胜热电联合电信共同开展 5G 与火电生产管理融合探索，提升发电企业的智慧化水平。

三、 案例技术路线

该案例覆盖方案采用网络切片技术实现，将 5G 网络接入管理信息网和生产控制网,实现端到端的按需定制。在生产控制网方面，将边缘计算（MEC）设备部署在园区内，降低私网服务器暴露在互联网中的风险，在内部即可实现与云计算同样的数据计算能力，杜绝数据泄露的可能性。终端信息经由 5G 基站、MEC 边缘计算设备传输后直达厂区服务器，无互联网物理链路，提升了安全性。在管理信息网方面，5G 安全接入管理大区网络，实现工业无线网络在公司厂区的全面覆盖，同时将各类智能化设备如智能摄像头、智能机器人、巡检仪、个人穿戴设备等接入 5G 网络，

实现各类生产人员、智能化设备的互联互通。



5G 网络切片实现架构

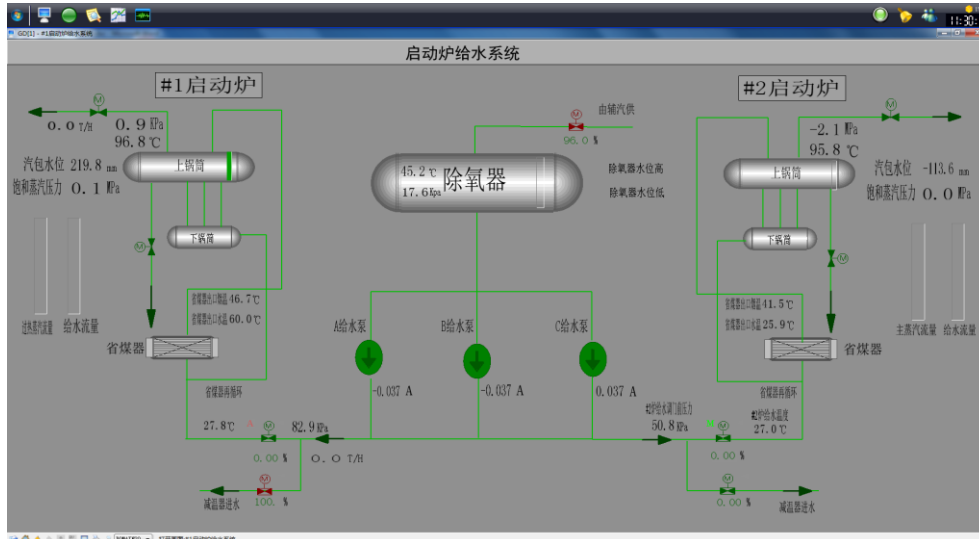
四、 案例应用场景

● 5G+工业控制应用：深入核心生产环节

该场景利用网络切片技术搭建 5G 生产控制网络，实现工控领域的生产设备控制与系统参数实时监控。工作人员在 5G 远端机即可操控设备工控逻辑页面，查看监控参数、趋势预测、预警报警等信息，并根据数据结果下发远程操作指令，指挥现场设备完成相应动作。



5G 工业参数监视界面



5G 工业控制界面场景图

● 5G+风险管控：打造安全管控体系

该场景利用 5G、边缘计算、AI 处理、机器视觉等技术，将智能摄像头、巡检仪、定位终端等智能化设备接入 5G 网络。同时，结合自主研发的 28nm 火电智能物联网芯片，将 5G 与 AI 物联网技术深度融合，实现火电厂生产人员、智能设备互联互通。该场景依托厂区智慧园区管理平台实现人员统计、风险管控等业务，可识别多种安全风险，如设备管路跑冒滴漏、设备状态异常、人员违章操作、环境信息异常等。此外，该场景可实现作业人员定位、虚拟电子围栏划分、区域预警等功能，支撑构建全厂安全风险统一管控体系。



5G 智能穿戴设备系统界面



5G 人员定位轨迹回放

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

该案例利用 5G 网络全覆盖能力，同时监控 10 个检修现场，有效提升机组临时检修、定期检修效率，提高检修作业安全管理水平。根据每年定期开展两次大型机组检修测算，每年可缩减检修工期约 5.2 天，节支人力成本 36 万元，减少检修设备故障约 7.9 次，节省设备检修及维护更换费用约 31 万元，提升电量利润约 200 余万元。

此外，该案例基于 5G 技术的高速工业无线网络建设 5G+生产控制辅助系统，将视频监控、智能巡检、安全监控、智能分析以及远程诊断等数据通过 5G 网络传输至数据平台，在企业建设中可节约材料费 35 万元，人员施工费 150 万元。

（二）环境和社会效益

厂区内 5G 网络将生产现场仪表、传感器、阀门、马达等现场设备与以工业过程控制系统（DCS）为核心的控制中心连接为一体，实现融合 5G 网络的新型工业过程智能控制系统，为促进电力传统生产过程向“泛在感知、深度分析、智能控制”的智能生产过程转变构筑坚实平台基础。

六、案例典型经验和推广前景

该案例实现 5G 技术在火力发电厂的深入应用，对于传统电力企业转型升级具有积极意义。通过探索构建全厂范围内的“5G+”生态，将火电控制业务纳入其中，进行扩展开发，实现 5G 商用领域的新突破。同时，其产学研合一的 5G 联合研发实践模式，也将为行业创新提供全新的复制推广渠道。

06 云南糯扎渡电站：5G+全域应用助力华能水电智慧转型

一、案例概览

所在地市：云南省普洱市

参与单位：华能澜沧江水电股份有限公司、华能澜沧江水电股份有限公司糯扎渡水电厂、中国移动通信集团云南有限公司、中国移动通信集团云南有限公司普洱分公司、中兴通讯股份有限公司

技术特点：利用 5G+AI、大数据技术，解决现场人员管理难、电厂边界管理混乱、巡检效率低等问题

应用成效：实现设备、环境、安防等可视化监控，巡检效率提升 11 倍；故障解决效率提升 30%；年成本降低 172 万元

二、案例基本情况

糯扎渡水电站位于澜沧江下游普洱市思茅区和澜沧县交界处，是云南省最大水电站，是实现国家资源优化配置、全国联网目标的骨干工程，并作为基础建设项目服务于“云电外送”及“西电东送”发展战略。

随着新能源产业的发展，能源电力行业逐步从大机组、大电网向电网管理智能化转型。当前，糯扎渡水电站在管理运营过程中存在以下痛点：**一是**电厂边界防护困难。糯扎渡占地 358 万平方米，大坝高 261.5 米，海拔落差大，涉及空域、水域、地域的安全防护，有线覆盖困难；**二是**设备监测维护难。电厂涉及上千个仪表设备，读表测量工作量大、实时性差，且目前对设备的运行状态监管没有形成数据模型，无法精准、高效的检测设备运行状态；**三是**水

下和地下巡检难。地下主厂房环境复杂，重点巡检区域繁多，且厂内设备数量大、维护效率低，缺乏数据沉淀、管理和应用。为解决上述难点，糯扎渡水电厂联合移动、中兴等企业利用 5G、大数据、AI 等技术提高电厂生产运维效率以及能源利用率，减少能源损耗，促进节能减排，助力实现无人化生产、智慧化管理的转型目标。

三、 案例技术路线

糯扎渡水电站采用“1+1+4+N”的综合解决方案，即 1 个云网底座、1 个平台、4 个锚点、N 个应用。其中云网底座以 2.6G+700M 多频段组网为基础满足不同场景的 5G 网络需求，以双域隔离分流为保障实现生产网及公网的物理隔离，以 MEC 下沉为途径提供高效的算力支撑；平台以云集成为方式，实现视频、AI、3D 渲染、IOT 等多类子平台集中管控，满足信息处理及大数据模型搭建等需求；锚点以边界防护、运行监测、运营维护、设备远控为方向，解决电力生产“防、监、维、控”四大关键痛点；应用以优化作业流程为目标，支撑电厂传统业务场景的数智化转型。

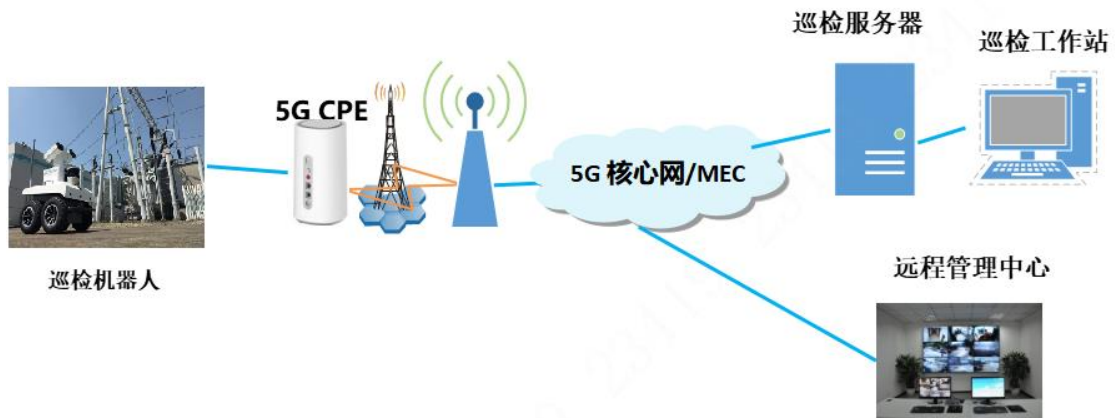


5G+解决方案系统架构

四、 案例应用场景

● 5G+无人巡检：实现日常巡检智能化、无人化

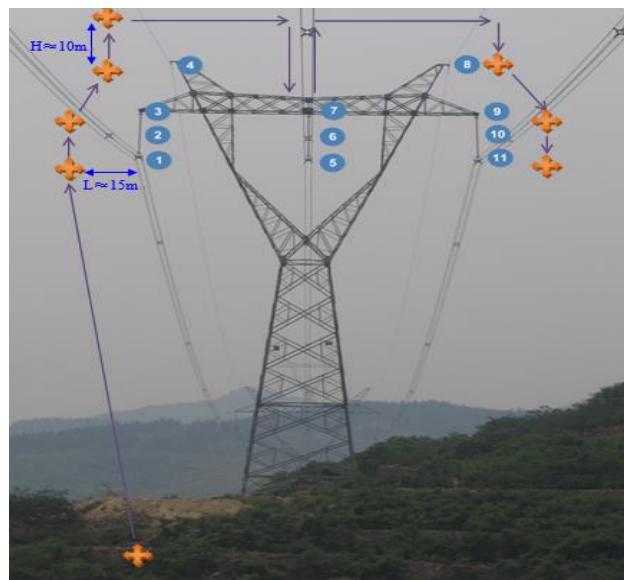
5G+无人巡检依托 5G 低时延、大带宽、海量连接优势，在设备终端装载 5G 通信模块实现 5G 网络接入。如搭载视频采集设备的机器人按特定线路移动，多路高清摄像头将现场的高清视频图像实时回传至调度控制中心，满足设备定期巡检需求，确保电厂设备控制系统安全稳定运行，实现无人自动化巡检。同时，结合 5G 高速移动切换特性，实现相邻基站间的快速切换，保证业务连续运行，扩大巡线范围，全面提升巡检效率。



基于 5G 的无人巡检

● 5G+无人机输电线路巡检：实现室外安全动态监测

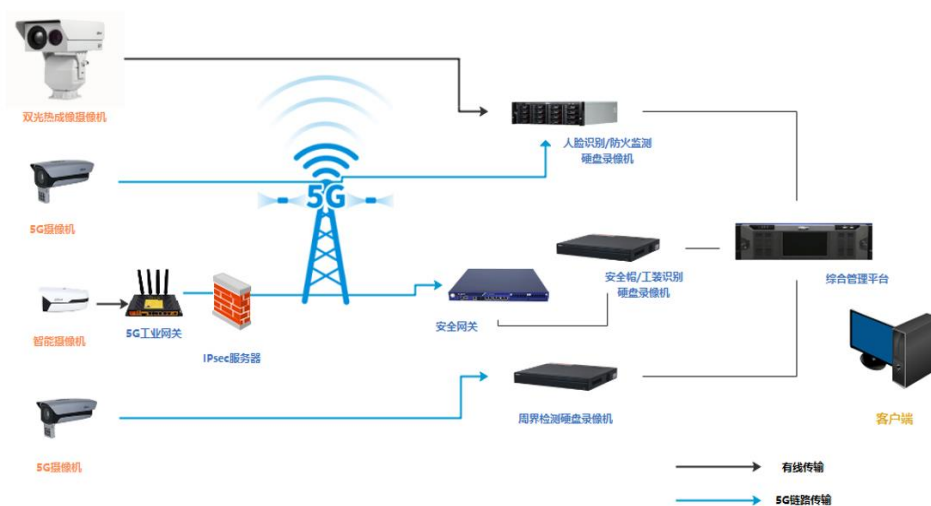
无人机携带具有任务识别、危险分析功能的光电设备，对水电站大坝、近坝、进水口等重要区域场所开展安全巡视检查。巡检信息通过 5G 网络实时回传至后台，控制中心一旦发现非法入侵活动，立即发出预警告警信号。利用 5G+无人机开展电站安防管理成为当下水电厂坝体、输电线路巡检转型方向。



基于 5G 的无人机巡检

● 5G 可视化安全管控+安防管理：大规模 5G 模组应用

监控设备获取的图像帧通过 5G 网络进行回传，平台利用目标模型检测人员、车辆等信息，并计算检测框与区域的交并比，最后根据阈值判断是否存在违规。一旦发现违规行为则立即发出报警信号并推送给相关人员。糯扎渡电厂通过部署庞大数量的摄像头，完成了核心生产区域的无死角覆盖，实现区域入侵/越界识别、人员信息识别、车辆识别、安防系统广播联动等功能。



5G 可视化安全管控+安防管理

● 基于 5G+AI 的机器视觉识别：提升检查效率和准确度

电厂生产设备种类和数量众多，人工巡检记录方式易出现漏检、错检等问题，如变电站对开关柜内母排、进出线刀闸、触头等容易发热部位需进行定期温度检查测量，传统人工巡检测量方式误差大。5G 技术与智能摄像头相结合，辅以边缘节点 AI 分析能力，可准确识别各类仪表、刀

闸/开关分合状态、油位读数、设备外观、压板状态等信息，随后将识别信息回传至边缘计算节点进行数据 AI 分析，实现设备信息及运行状态的全时段、全方位监测，提升检测效率。



基于 5G 的 AI 机器视觉识别

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

糯扎渡通过部署 5G 应用实现经济效益显著提升，如巡检效率提升 11 倍，降低成本 172 万元/年；采用“一键顺控”技术启动变压器，通过 5G+远程操控开关实现电站设备远控，提高作业精度，将以往平均 48 分钟的故障处理时间降低为 12 分钟左右。

（二）环境和社会效益

一方面构建云边协同的 5G 能源互联网。案例以 5G 技术为数字底座，持续提升澜沧江流域水电站管理水平和生产效能，实现全生产流程数字化赋能；另一方面建立 5G 智能电站标准体系。以标准为指导，规范电力领域 5G 融合应用落地方案，促进智能电网“发、输、变、配、用”的全流程智能化转型。

六、案例典型经验和推广前景

该案例具有较高实用性，如电厂智能巡检系统将促进电站运维模式由传统人工向远程智能转变，作业人员无需到现场巡视，在运维管理平台即可获取全厂设备的实时运行状态信息，减少现场巡视次数，降低运维成本。该案例后续将形成相关 5G 网络标准和应用接入标准，并在澜沧江流域电厂进行推广复制。

二、智能电网+5G

07 国网山东电力：省域 5G 电力专网赋能新型电力系统

一、案例概览

所在地市：山东省 16 个地市

参与单位：国网山东省电力公司、山东电力工程咨询院有限公司、北京智芯微电子科技有限公司、南京南瑞信息通信科技有限公司

技术特点：构建全省电力生产类、管理信息类、客户服务类三类 5G 广域切片满足安全隔离需求；利用 5G 电力虚拟专网管理平台实现 5G 网络“自服务、自运维、自我管理”；自主研发轻量化 5G 芯片模组加速电力 5G 终端规模化部署

应用成效：全省通过 5G 网络接入分布式光伏 1 万余座；接入未监控的地方电厂 200 余座；输电线路鸟巢、绝缘子破损等大尺寸缺陷识别准确率可达 90%，销钉缺失等小尺寸缺陷识别准确率可达 70%，巡检效率提高 8 倍以上；停电时间缩短至秒级

二、案例基本情况

国网山东省电力公司是国家电网有限公司的全资子公司，核心业务为山东电网的规划、投资、建设和经营。作为“国家电网有限公司 5G 规模化示范应用工程”的牵头单位，国网山东省电力公司自 2021 年起 3 年内部署 30 万台 5G 终端，推动电力 5G 应用规模化发展，助力实现“双碳”目标。

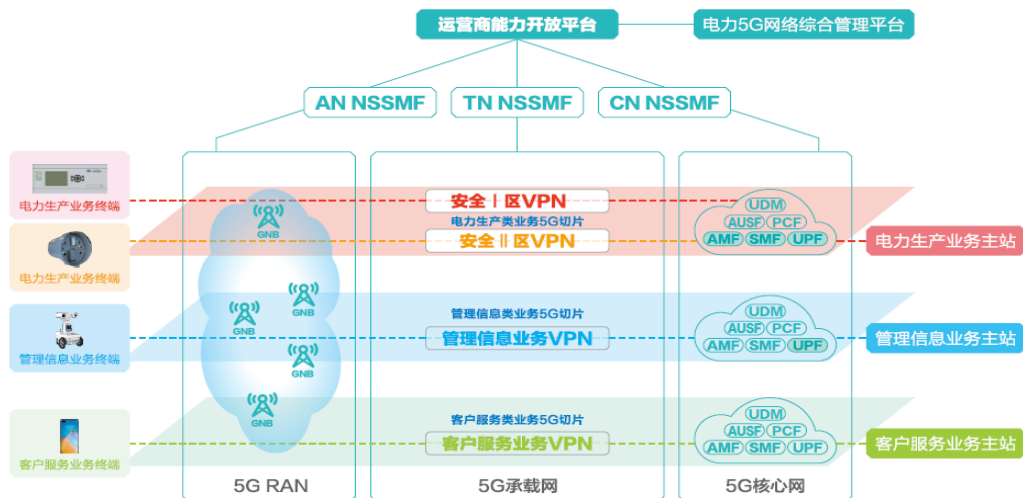
当前，国网山东省电力公司在转型发展中面临两大痛点：**一是**光伏接入点多面广，全面监控难。山东是新能源

大省，光伏装机总量全国第一，分布式光伏户数超过 80 万户，也是整县光伏试点第一省份；二是电力系统庞大复杂，安全稳定需求高。山东电网是全国最大的特高压交直流混联电网，亟待应用“大、云、物、移、智、链”等新兴信息通信技术，提升电力网络运行安全性。为解决上述痛点，国网山东省电力公司联合国家电网有限公司数字化工作部、山东电力工程咨询院有限公司、北京智芯微电子科技有限公司、南京南瑞信息通信科技有限公司共同开展 5G 应用实践，并于 2021 年 9 月在山东建成全国首张省域 5G 电力示范网，形成可复制、易推广的电力 5G 应用模式。

三、 案例技术路线

该案例构建网络、平台及终端一体化的电力 5G 应用解决方案。在网络方面，充分发挥 5G 技术的先进性，在全省构建了电力生产类、管理信息类、客户服务类三类电力 5G 网络切片，以满足不同电力业务安全隔离需求。其中，电力生产类切片为硬切片，17 个市供电公司各建 1 张，电力专用 UPF 市域部署；管理信息类切片基于三大运营商网络全省共建 3 张，3 套电力专用 UPF 省域集中部署，承载网全省贯通；客户服务类切片为软切片，共享运营商 UPF。目前，全省已部署 UPF 设备 37 套，接入电力 5G 终端 7 万余套，应用基站超过 16 万座。在平台方面，充分发挥 5G 能力开放特点，建成广域 5G 电力虚拟专网管理平台,实现了“多网融

合、统管共维”。平台功能涵盖5G电力行业虚拟专网业务的切片开通、切片监控、5G号卡需求申请、费用管理、5G核心网元管理、业务流程管理和网络全景可视等应用，实现了“业务线上办理、网络全景监控、终端实时管控”。在终端方面，基于3GPP R17标准研发了电力轻量化5G芯片，按照22nm工艺设计，对芯片的性能、功能、功耗等各方面进行轻量化，面积缩减至现有5G芯片的40%，成本降低50%以上，满足工业级、高可靠性、长寿命、低成本要求。基于轻量化5G芯片，将5G模组成本降低50%以上，5G模组主要元器件国产化率达到98%，推动5G产业链加速发展。



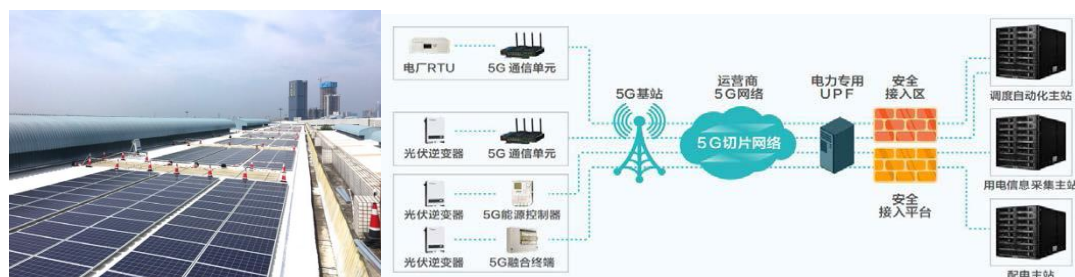
省域5G专网整体组网示意图

四、 案例应用场景

该案例围绕发电、输电、变电、配电、用电、现场作业等六大电力典型场景，全面规模化部署电力5G应用，助力新型电力系统建设。

● 5G+分布式光伏接入：让发电更清洁低碳

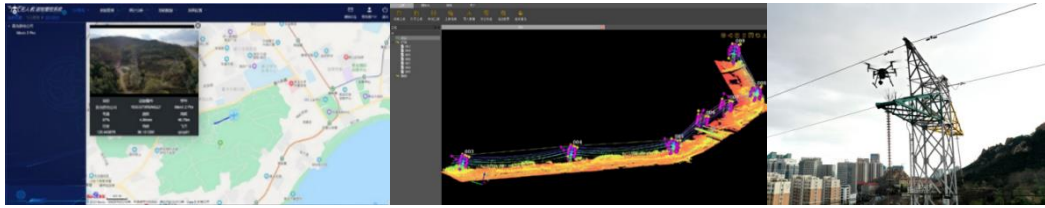
该场景中 10kV 和 380V/220V 分布式光伏场站分别通过电站侧 RTU、光伏逆变器等设备，经 5G 通信终端接入 5G 切片网络，最后经由安全接入区进入电网调度主站，实现分布式光伏的可观、可测、可控。目前，全省接入分布式光伏 1 万余座，大幅提升电网对新能源的消纳能力。该案例通过 5G 网络实现 200 余座未监控地方电厂的成功接入，监控装机容量 566 万千瓦，助力发挥电厂的顶峰作用。



分布式光伏场景及群调群控架构图

● 5G+无人机/机器人巡检：让输变电更安全高效

无人机拍摄的高清视频通过 5G 网络实时回传至智能诊断云平台，平台则依托北斗定位、AI 等技术实现缺陷的精准定位和识别。该场景可大幅提升缺陷识别率，支持 9 大类 30 余小类缺陷的精准识别，鸟巢、绝缘子破损等大尺寸缺陷识别准确率可达 90%，销钉缺失等小尺寸缺陷识别准确率可达 70%。同时，该场景可实现输电线路巡检无人机全过程自主飞行，巡检效率提高 8 倍以上。



5G+北斗无人机输电线路自主巡检场景图

● 5G+配电自动化：让配用电更可靠友好

该场景中配电自动化“三遥”、分布式FA终端通过5G电力虚拟专网切片接入，实现配电线路故障的快速、就地、精准隔离和供电恢复，停电时间缩短至秒级。智能配电台区融合终端依托5G网络提高通信效率，助力实现台区自动拓扑、三相不平衡分析、线损分级计算、能源控制、精准负荷控制等5G应用，推动源网荷储快速友好互动，调节电网供需平衡，提升用户用电质量。



配用电场景图

● 5G+带电作业机器人：让电力作业更精益管控

该场景在基建现场利用5G融合AI技术，实现机器人对设备运行、作业违章、环境异常等信息的自动监视，提升作业现场安全与质量管控能力。公司基于该场景研发部署了47款5G机器人，贯穿电工装备物流作业全流程，通过远程控制带电作业机器人作业，保障带电作业人员安全。



电力现场作业场景图

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例各类电力业务通过电力 5G 通信终端接入电力虚拟专网，大幅降低光缆敷设成本。山东全省已完成超过 3 万个配电台区的 5G 接入，相比光纤接入方式，节省光缆投资约 19500 万元。

（二） 环境和社会效益

在环境效益方面，通过 5G 电力虚拟专网实现对地方电厂、光伏等能源的调度、消纳以及对电动汽车等新型负荷的管理，支撑源网荷储协同互动以及新型电力系统构建。该案例为能源转型升级提供可靠保障，助力实现“双碳”目标。

在社会效益方面，该案例带动 5G 产业链发展。电网是 5G 行业应用中规模较大、复杂度较高的场景，基于该案例已形成电力 5G 行业标准 5 项，为各行业 5G 应用提供示范和指引。同时，该案例自主研发的 5G 轻量化芯片有助于突破 5G 工业芯片“卡脖子”、“成本高”等关键难题，促进 5G 产业链快速发展。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例典型经验包括三个方面：**一是**充分响应国家战略指导方针，以新型电力系统建设需求为导向，发挥 5G 技术优势，实现融合创新和实践；**二是**充分发挥“团体赛”优势，在商业模式方面坚持共建共享；**三是**充分注重技术创新融合，技术模式实行公网专用与融合组网相结合，支撑 5G 差异化能力与电力业务场景深度融合，如 5G 灵活组网方式与电力数字化架构融合、5G 网络切片与电力安全隔离要求融合。

根据“国家电网有限公司 5G 规模化示范应用工程”实施计划，该案例方案将在国家电网山东、北京、上海、重庆、浙江、江苏、河北、安徽、冀北等 9 个网省公司得到推广应用，三年共部署 5G 通信终端 50 万台，推动行业专用 5G 芯片和轻量化模组量产与应用，全面赋能新型电力系统建设。

08 国网浙江电力：5G 高弹性电网助力“双碳”目标

一、 案例概览

所在地市：浙江省

参与单位：国网浙江省电力有限公司、中国移动通信集团浙江有限公司

技术特点：基于 5G 软硬切片两种模式，建设覆盖整个浙江的省域 5G 电力虚拟专网；利用 5G 电力虚拟专网解决负荷侧终端接入难、配网侧设备远程控制难等问题，增强电网应对突发事件的处置能力

应用成效：上线 14 类业务，投运 5000 余个终端；年降低电力业务运维人力成本 1 亿元；降低电力通信网建设和运维成本 2 亿元，构建 200 万千瓦可中断负荷资源池；节约发电成本 1 亿元

二、 案例基本情况

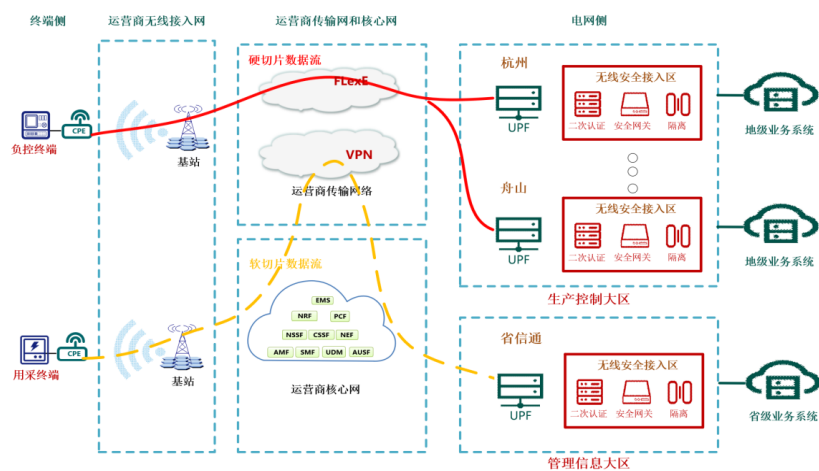
国网浙江省电力有限公司是国家电网有限公司的全资子公司，是浙江省能源领域的核心企业，承担着浙江省 11 个地市及其县区的供电任务，供电面积 10.55 万 km²，供电客户超过 6500 万，年售电量 5000 多亿千瓦时。近年来，国网浙江电力始终围绕“四个革命、一个合作”能源安全新战略，聚焦保障电力供应和服务“双碳”目标，打造具有中国特色的能源互联网企业的示范窗口。

在“碳达峰、碳中和”目标的驱动下，浙江电力努力实现广域源网荷储资源协调控制。因海量分布式终端点多面广，且控制类业务对网络安全可靠性要求极高，亟需通过稳定可靠的通信连接挖掘负荷侧调节资源。为解决这一问题，浙江电力在国家电网总部的指导下，联合浙江移动

建成覆盖全省的 5G 电力虚拟专网，并于 2021 年规模应用。目前，浙江电力业务接入已上线业务达 14 类，接入 5G 终端超 5000 个，涵盖 1300 多个基站，与运营商签订硬切片合同额达 5000 多万，有力支撑了浙江电力的转型发展。

三、 案例技术路线

该案例立足浙江运营商 5G 通信网建设优势与电力实际业务需求，构建浙江电力 5G 省域虚拟专网，并基于硬、软切片两种模式承载不同类型业务。其中硬切片用于承载生产控制类业务，达到等同于物理隔离效果的专用网络，控制类数据通过专用的入驻式 UPF 设备建立 5G 切片硬管道，并经加密认证、安全接入区进入生产控制大区；软切片用于承载管理信息类业务和其他业务，业务数据之间采用逻辑隔离，管理类数据等通过运营商集中部署的共享式 UPF 设备，经专线传送至电力企业省集中安全接入平台，通过安全认证后进入公司信息内网等相应业务系统。



基于 5G 切片的省级广域 5G 电力虚拟专网整体架构

四、 案例应用场景

● 5G+ “源网荷储”：实现杭州泛亚运区域能源互联示范

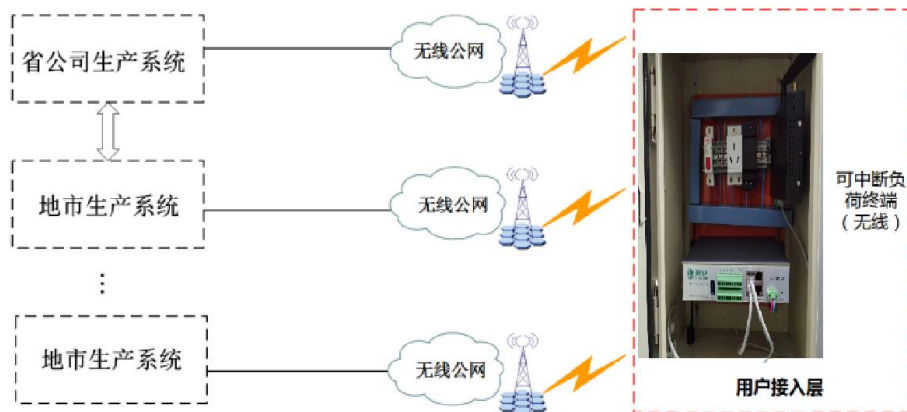
浙江杭州供电公司在以亚运主场馆为核心的泛亚运区域打造了具备高安全、大带宽、低时延、海量连接能力的5G 电力虚拟专网，满足了电力系统“源网荷储”全环节电力无线终端的通信需求，实现了能源的高效互联。同时，该场景基于5G网络部署了超1000套5G电力终端，实现了分布式新能源和配电网的可观可测可调。该场景支持电网负荷的柔性调节与刚性控制，可调控负荷达百万千瓦，有效提升了电网削峰填谷能力及新能源就地消纳能力，区域内供电可靠性提升至99.999%，户均停电时长低于5分钟，助力杭州亚运高可靠、全绿电供电保障。



杭州泛亚运区域全绿电供应

● 5G+负荷设备接入：助力宁波用户侧源荷储全要素可观可调

浙江宁波供电公司借助 5G 技术为负荷设备接入提供更安全稳定的网络连接能力。目前宁波前湾和北仑园区对 104 套采集对象实现全要素感知，采控终端通过本地 5G 边缘代理连接，将用户侧源、荷、储如光伏、储能、充电桩等资源数据汇聚上报云端主站系统，实现智能感知和管理。此外，基于电网负荷情况，宁波公司通过 5G 专网与 5G 负荷控制终端对签约用户按策略停电管理，保障电网稳定运行。据统计，全宁波可观可调负荷资源约 23.895 MW。



秒级可中断负荷控制终端建设方案

● 5G+配电自动化运维：衢州智能开关控制指令实时可靠下发

配网智能开关“点多面广”，通常挂靠在杆塔或高空石柱上，以便实时监测和处置配网线路运行情况，在发生故障时通过分合闸快速隔离故障区域确保供电安全。为解决光纤接入成本高，4G 接入稳定性不足、安全性较差等问题，浙江衢州供电公司利用 5G 网络为配网智能开关提供了更加稳定可靠便捷的接入方式，实现配调主站遥控指令的实时

可靠下达。目前，衢州地区已经部署 5G 智能开关 40 余套，累计遥控次数达近百次，遥控成功率 100%。



5G 智能开关

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

据统计，该案例的 5G 应用可为浙江省带来约 15 亿元的经济效益，主要体现在三个方面：**一是**大幅减少生产成本。通过需求侧响应和可中断负荷控制充分调动负荷侧资源参与电网供需平衡，预计可降低约 10 亿元电网配套资产投入。通过降低用电负荷，预计可降低 1 亿元发电成本；通过发电侧和负荷侧的友好互动有效降低发电机组的调峰开停次数，降低线损并实现提质增效，预计可节约 0.4 亿元左右；**二是**显著降低网络建设成本。该案例依托 5G 切片打造广域覆盖的 5G 电力虚拟专网，预计可降低约 2 亿元电力光纤通信网络或电力无线专用网络的建设成本及后期运维检修的人力成本；**三是**有效降低运维成本。该案例依托 5G 切片开展配电自动化、配网差动保护、智能巡检等融合业务，能够有

效降低电网运维的人力成本、降低安全事故风险。同时通过 5G 能力开放实现企业自主监控网络，有效提升通信网络运行维护的工作效率，预计可节约成本 1 亿元。

（二）环境和社会效益

一是助力“碳达峰、碳中和”战略。该案例通过切片技术打造广域 5G 电力虚拟专网，实现国网浙江电力全省范围内的广域网络覆盖和规模化业务承载，助力建设源网荷储友好互动的多元融合高弹性电网，进而实现内外资源按需调动和调节模式智能优化，有效提升清洁能源并网消纳能力，每年折合可减少约 1340 万吨二氧化碳排放，助力“碳达峰、碳中和”战略。

二是助力电网安全、效率双提升。5G 切片规模应用助力浙江电力高弹性电网建设，实现源网荷储各类资源的可观、可测、可控、可调。通过充分利用负荷侧资源需求弹性，提高机组运行负荷率和新能源消纳能力，拓展安全稳定防线，提升电网灵活调节能力，解决电网尖峰供电能力不足等问题，避免或减少由于拉闸限电给用户带来的经济损失，助力电网安全、效率双提升，为电网高效运行赋能。

六、案例典型经验和推广前景

该案例形成了较为完整的解决方案，对于电网的转型升级具有指导意义。浙江电力于 2021 年启动 5G 公网应用示范工程，明确“十四五”期间在输、配、变等各领域全面

试点 5G，同时牵头与运营商、终端模组厂商开展了两次行业研讨会，加速 5G 在智慧电力领域的标准制定，拉动产业链发展。经过两年试点，应用成效初显。

该案例探索的商业模式与浙江电力 5G 切片价格体系对推动 5G 行业虚拟专网落地应用有积极作用。通过虚拟专网方案与商业模式“双轮驱动”，有效促成了浙江电力全省范围内 5G 切片的大规模商用，具有较强的可执行性和参考价值，对于其它垂直行业的 5G 应用规模商用具有借鉴意义。

09 国网北京电力：5G 智能电网助力天空地一体化冬奥

一、 案例概览

所在地市：北京市

参与单位：国网北京市电力公司、中国电力科学研究院有限公司、中国移动通信集团北京有限公司

技术特点：利用 5G 高可靠、大带宽、低时延技术特点解决电力行业高频采集、高清视频实时回传、机器人实时控制问题；利用 5G 融合卫星通信，解决电力应急通信问题

应用成效：实现 100%绿电冬奥、100%供电可靠性的“双百”目标；降低采集终端部署成本 90%；提升输电通道运维效率 12 倍；有效降低业务接入成本

二、 案例基本情况

国家电网北京市电力公司（简称“国网北京电力”）是国家电网有限公司的全资子公司，也是首都能源骨干企业和最大的公用事业单位。国网北京电力主营业务为电网规

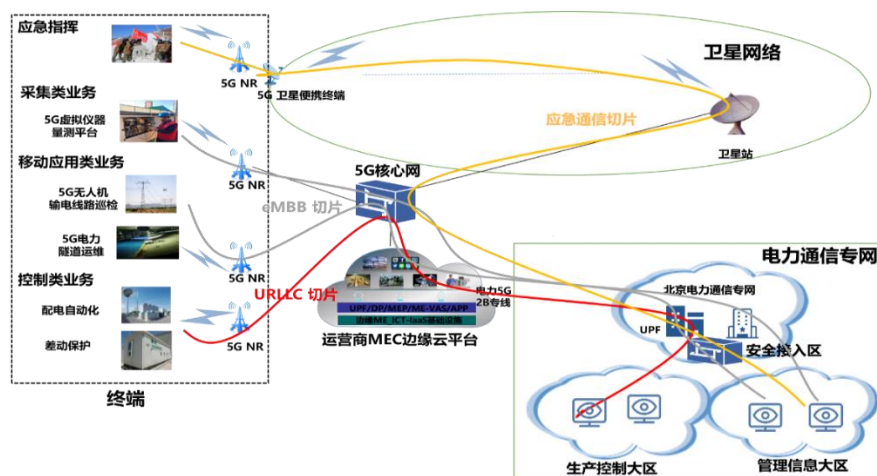
划建设、运行管理、电力销售和供电服务，供电范围覆盖全市 16 个区、1.64 万平方公里，服务客户 900 余万户，在 2022 年圆满完成北京冬奥会、冬残奥会的供电保障任务。

为保障首都供电的高可靠性，探索“可观、可测、可调、可控”的新型电力业务是国网北京电力发展的主要任务之一，在具体建设过程中面临三方面问题：**一是**原有光纤为主的电力通信网络部署灵活性较差、与新技术融合性不足，难以完全满足业务需求；**二是**传统电力无线通信专网覆盖不足，面向新型业务需要实现有效、低成本的补充覆盖方案；**三是**新型电力业务移动性和安全性要求较高，如无人机、机器人等巡检业务。为解决上述问题，国网北京电力将 5G 虚拟专网与电力通信专网融合，构建新型电力通信网，形成空地一体化的 5G 电力业务融合应用解决方案，支撑新型电力系统业务发展。

三、 案例技术路线

该案例提出 5G 虚拟专网与电力通信专网融合组网模式，电网控制类业务在电力通信区域内网络独享专用，采集和移动应用类业务根据业务需求使用公共 5G 网络，并通过安全接入平台与电力通信专网对接，满足电网低成本、高安全的通信需求。此外，该案例融合 5G 和卫星技术优势，建立高低轨卫星动态实时接入的应急通信网络，提升电力应急保障能力和故障快速处置恢复能力，形成智能电网 5G 天

空地一体化解决方案。



5G+电力通信专网天空地一体化融合解决方案

四、 案例应用场景

该案例将 5G 虚拟专网与电力通信专网融合支撑冬奥供电保障工作，打造 5G+卫星应急通信、5G 虚拟量测平台、5G 智慧电力隧道、电力 5G 自主创新等 17 类应用场景，实现了覆盖所有冬奥场馆的全景纵深应用。

● 5G+卫星应急通信：让电力应急体系更完善

该场景通过 5G+卫星的方式部署电力 5G 业务基站，将卫星链路作为 5G 承载通道，有效解决冬奥应急保障和应急电力业务接入难题，提升冬奥供电可靠性。该场景完成电力行业 5G+卫星电力应急指挥体系快速构建和电力业务快速恢复验证测试，覆盖配电自动化、用电信息采集等多种电力业务。该场景较特殊环境下地面部署传统 5G 网络方式成本降低 80%。



5G+卫星承载电力业务

● 5G 虚拟量测平台：让配用电更可靠

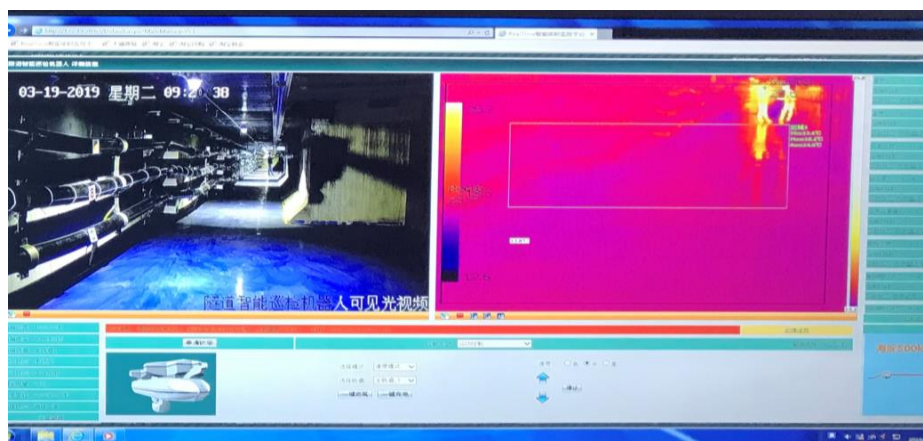
该场景采用自主研发的 5G 虚拟量测平台，利用 5G 大带宽、低时延的技术优势将昂贵的仪表分析功能部分云化部署。在现场无需部署贵重、精密的测试仪表，仅需搭载 5G 通信模组的采集终端即可完成采集数据无损上云，终端部署成本降低 90%。此外，该场景通过 5G 实现监测终端的灵活、广泛部署，有效解决光纤部署成本高、敷设难、4G 技术不满足要求等难题。该场景在冬奥供电保障中成功应用，对制冰、造雪等 120 多个重要负荷点进行不间断高精度监测，有效提升冬奥供电保障能力。



5G 虚拟量测平台服务冬奥

● 5G 智慧电力隧道：让输电更高效

国网北京电力在冬奥上级电源门海 500kV 电力隧道建成 5G 智慧电力隧道。该场景通过 5G 网络连接巡检机器人，能够实时将其采集的高清视频、红外图像等数据回传至后台，并利用 5G 网络低时延、高可靠等优势，发送控制指令至巡检机器人，实现信息交互、局放、红外感知等功能。该场景将传统人工巡检 6 小时/公里（包含有限空间作业安全措施准备时间）提升为机器人巡检 0.5 小时/公里，效率提升 12 倍，有效降低有限空间内巡检作业人员的安全风险，如在北京市推广应用可节省人工成本约 4300 万元/年。

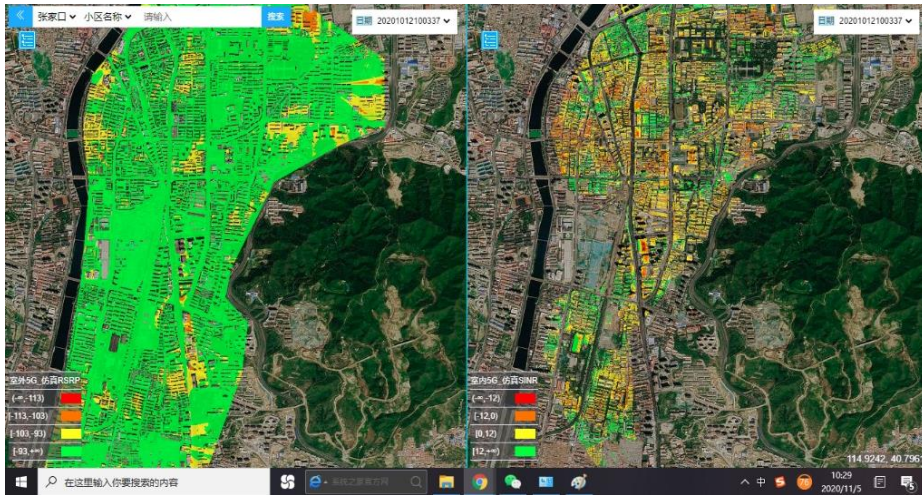


5G 智慧电力隧道系统管控图

● 5G 平台、模组双创新：大幅实现提质增效

为满足电力业务对网络时延抖动以及可靠性的严要求，案例团队研发了电力 5G 网络规划仿真平台，平台支持 5G 网络规划、杆塔资源匹配、综合性能评估等功能。该平台通过对接国家电网 GIS 大数据平台集成自研杆塔评估系统，

实现了电力杆塔、物业等资源站址匹配和评估，指导电力 5G 基站建设和杆塔资源运营工作，提高了网络精准覆盖能力和电力业务承载可靠性，降低建设成本。同时，案例团队研制了内置自主可控 eSIM 芯片的电力 5G 模组（整体国产化率在 90%以上），实现了智能连接控制，形成了“业务可信可靠、网络可感可控”的电力虚拟专网解决方案。该场景平台与模组部署后可节省建设成本约 930 万，节省勘察成本约 106.5 万。



电力 5G 网络规划仿真平台

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例的 5G 应用助力形成电力行业用户、运营商、研究单位合作共赢的良好局面。一是助力电力行业用户降本增效，以冬奥供电保障为例，国网北京电力通过 5G 实现了冬奥供电设施的多场景融合应用，节约光缆敷设成本 4180 万元；二是提升运营商 5G 网络建设与服务收益，该案例的

网络方案已在 5G+垂直行业广泛推广，为北京移动带来超 1 亿的 5G 行业虚拟专网收益，带动 5G 案例签约超 13 亿；三是助力科研单位实现融合创新，该案例通过直接销售研发的模组、终端、平台等电力 5G 虚拟专网系列软硬件产品，以及基于平台提供的技术咨询、基于试验验证环境提供的试验检测服务等，获得直接经济效益 1.4 亿元。

（二）环境和社会效益

该案例落实中央新基建部署，带动全社会产业链发展，为首都经济社会发展做出贡献。一方面，该案例降低绿色电能成本，促进电价降低，通过 5G 在冬奥中的全面应用，助力减少标煤燃烧 10 万吨，减排二氧化碳 25 万吨，并为冬奥供电保障提供实时监控和管理措施，有效助力“双碳”目标实现。另一方面，该案例形成良好的创新成果，以冬奥为平台参与多项国际标准制定，有力提升了 5G 电力行业应用的国际影响力。

六、案例典型经验和推广前景

一是该案例形成端到端 5G 应用解决方案，促进在电网内部及其他行业的规模推广。该案例具有较好的实用性、经济型及推广价值，相关方案已在河北、福建等多地电力企业落地应用，并拓展到交通、政务等其他行业领域，如北京市丰台区城轨建设、四川省乐山市市政专网的智慧城市终端运维等；二是该案例积极制定标准促进电力 5G 应用

产业化落地。该案例成果支撑《电力无线虚拟专网技术规范》等 4 项电力行业标准，支撑《电力 5G 通信模组通用技术规范》等 2 项国家电网公司企业标准，支撑《电力行业 5G 应用需求规范》等 2 项团体标准。同时，案例相关的分布式储能、高级计量、分布式 FA、智能配变融合终端、5G 安全隔离等 13 个标准需求提案成功写入 3GPP 技术报告《面向智慧能源及基础设施的 5G 应用研究》。

10 南网总调：构筑 5G 电力应用网络安全堡垒

一、 案例概览

所在地市：广东省广州市

参与单位：中国南方电网电力调度控制中心、中国移动通信集团广东有限公司、华为技术有限公司、南方电网数字电网集团、南方电网科学研究院

技术特点：利用 5G 电力业务基本安全措施和要求，建立 5G 电力应用安全测评体系；以测试中发现的问题为导向，提出并发布 5G 电力应用网络安全防护总体方案

应用成效：解决 5G 电力应用全方位升级的安全问题，大幅提升生产和运营的效率。广州供电局预计平均缩短故障处理时间 48.25 分钟；深圳供电局预计平均缩短故障处理时间 28 分钟

二、 案例基本情况

中国南方电网电力调度控制中心（简称“南网总调”）隶属中国南方电网有限责任公司，是南方电网运行的最高调度指挥机构，也是南方电网调度、运行方式、发电调度、水库调度、继电保护等业务的管理职能部门。

电力安全性关乎国家和人民安全，保障电力 5G 网络安全主要面临三方面痛点：**一是** 5G 电力应用安全测评体系亟待创新。考虑到电网安全问题，5G 电力应用投入实际运行时，行业企业“不敢用、不能用 5G”等现实难题；**二是**安全测评验证和标准化仍待增强。当前的电力生态中，认证机构多、测试内容多样、互认机制不完善等问题凸出；**三是**缺少面向电力行业的 5G 安全防护方案。网络安全是 5G 在电力行业规模化应用的重要前提，行业内仍缺少一套成熟的网络安全解决方案。为解决上述问题，南网总调联合广东移动、华为等单位开展 5G 网络承载不同分区电力业务的连通性、安全性、可靠性测试工作，通过信令面渗透攻击的方式对网元、切片等进行渗透测试，深入探索 5G 电力应用网络安全防护方案。

三、 案例技术路线

该案例通过安全测试测评发现问题，通过安全防护方案解决问题，以使 5G 应用同时满足电力行业安全标准规范和电网业务各类通信需求。该案例通过开展设备级/网络级/行业应用级安全合规检测、安全攻防渗透测试和 5G 安全产品防护能力验证三大类测评工作，验证和固化网络切片隔离性、传输通道加密、主站安全接入区、基于专用加密芯片的电力终端二次认证等 5G 电力专网安全防护方案。通过明确 5G 生态各相关方安全责任边界，初步形成面向电力行

业的 5G 安全测评指南，并联合相关电力企业在山东青岛、湖北孝感等多地进行验证。



案例总体技术架构

四、 案例应用场景

南网总调利用 5G 数字孪生与现网测评相结合方式，识别 5G 信令脆弱性威胁；充分挖掘深圳作为中国特色社会主义先行示范区、广州作为粤港澳大湾区核心区域的资源优势，打造“5G+数字电网”示范区。

● 5G 信令安全测试方法：完成信令脆弱性风险识别

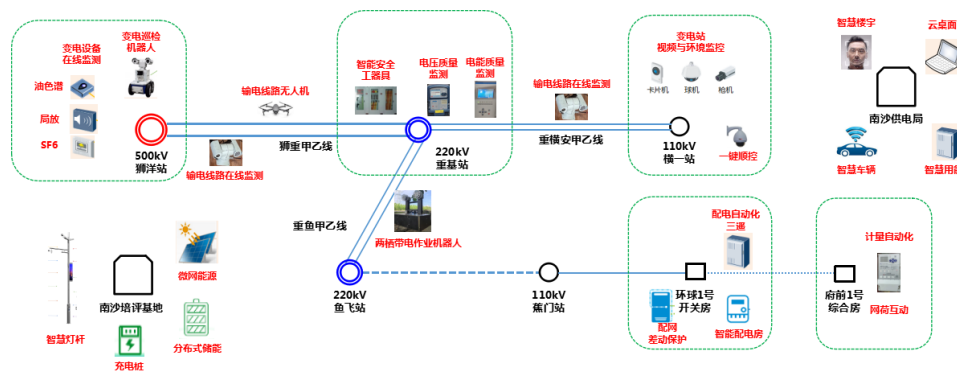
该场景设计验证 5G 信令安全测试方法，结合自研 5G 信令测试工具，通过信令面渗透测试，发现 5G 信令脆弱性威胁，并将结果提交至工信部威胁和漏洞信息共享平台，相关测试结果为验证 5G 切片安全隔离程度这一核心问题提供了重要依据。



5G 信令脆弱性威胁示意图

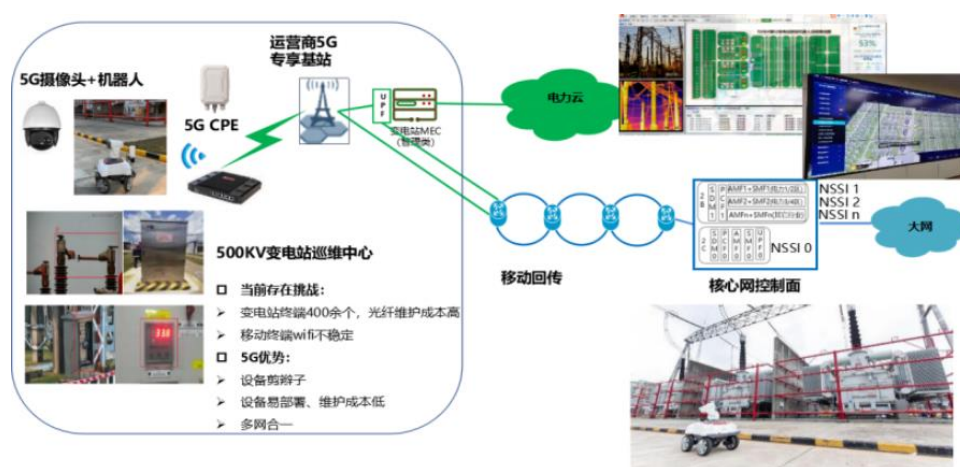
● 5G+数字电网：支撑电力 5G 应用安全推广

该场景在广州供电局调度大楼及 500kV 狮洋站下沉式部署华为、中兴 UPF 核心网设备 2 套、MEC 设备 1 套，实现 5G 电力切片商用，并完成无线空口资源预留比例测试和业务边界指标测试，优化无线资源利用率近 80%。此外，该场景涵盖“源、网、荷、储”51 类应用场景，累计接入 8248 个 5G 终端，开展了 5G 网络交付测试、5G 通道端到端测试、业务系统联调测试三个环节的验收测试，形成规模示范效应。



涵盖源、网、荷、储全业务场景（从 500kV 延伸至 380V）

该场景在深圳供电局调度大楼部署了 2 套电力专属 5G 核心网设备，完成 10 类场景共 4647 个终端规模接入。在变电环节，实现巡视操控机器人实时操控、智能摄像头高清数据实时回传，巡视效率提升 2.7 倍。在配电领域，故障精确定位和快速隔离达到秒级，可大幅缩小停电范围；在用电领域，可实现自动抄表、动态实时电价和用户双向互动。



示范区建设情况

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

一是安全方案助力 5G 电力应用规模复制推广。该案例解决 5G 电力应用全方位升级的安全问题，确保了“5G+数字电网”实践应用的深入开展，大幅提升了生产和运营的效率；二是赋能电力业务转型升级。5G 网络安全保障承载配网差动保护业务，故障精确定位和快速隔离达到秒级，供电恢复时间缩短至分钟级，大幅缩小停电范围和故障停电时间，提升用户用电质量。以南方电网区域内广州、深

圳两市为例，广州供电局预计平均缩短故障处理时间 48.25 分钟，按照用户年平均停电次数 0.611 次、单位小时停电损失 80 元/kW，近两年共减少用户停电损失 877.4 万元；深圳供电局预计平均缩短故障处理时间 28 分钟，近两年共计节省 2351.1 万元。

（二）环境和社会效益

该案例通过安全防护手段，实现视频高清回传、用户双向互动、告警低时延回传等功能，有力保障了分布式新能源业务接入，预计到十四五末 5G 电力业务终端接入总体规模将达千万级甚至亿级，加速“双碳”社会目标达成。

该案例利用 5G 网络安全技术优势，提供动态实时负荷和动态电价信息，全方位支撑新兴业务用户削峰填谷，实现用户双向互动。5G 网络安全保障支持多路高清视频实时回传，可实现输电线路前端图像视频采集、AI 边缘计算分析、告警低时延回传，减小线路故障险情风险，提升巡线效率和传输可靠性。

六、案例典型经验和推广前景

案例通过 5G 电力应用网络安全测试测评与防护方案创新实践，帮助发现和排除更多 5G 网络的风险漏洞，为 5G 电力应用安全测评规模推广奠定基础。本案例可推广应用用于各类配电网控制保护场景，适应新型电力系统多能互动和协调控制的发展方向，有效提升配电网的可靠性及自愈

能力。2023-2025年，结合各运营商5G商用网络覆盖情况，5G应用由广州、深圳等地区逐步推广至全南方电网应用，公网通信新投运的配用电业务终端升级为5G通信方式，预计每年业务终端5G应用数量不少于10000套。

同时，案例项目相关成果支撑多项国内外标准制定。在国际标准方面，在3GPP、ITU-T、ISO等国际组织牵头5G安全标准化项目20余项。在行业标准方面，在全国信安标委（TC260）、中国通信协会（CCSA）、5G确定性网络联盟等机构发布或立项各类标准（含白皮书）超过6本。

11 国网江苏电力：5G助力输配电网智能高效运维

一、案例概览

所在地市：江苏省南京市、江苏省泰州市、陕西省宝鸡市、江西省南昌市

参与单位：国网江苏省电力有限公司、南京南瑞信息通信科技有限公司、国网陕西省电力有限公司、国网南昌供电公司

技术特点：利用5G承载线路差动保护业务，解决配电线路故障快速切除的问题；利用输电线路5G无人机巡检，解决无人机无法远程控制、巡检超高清图像不能实时回传的问题；利用变电站5G机器人巡检，解决数据传输安全性不足、传输带宽受限的问题；利用5G+专网双通道终端，解决配电房控制类业务和高清视频监控统一传输的问题；利用5G智能仓储，解决自动叉车控制精确度差、运行效率低的问题

应用成效：缩短电网故障处理时间，大幅提升巡检效率，带动电力行业降本增效，节约运维成本2.18亿元，节约通信网建设投资4.5亿元，减少停电损失2亿元，增加直接经济效益20亿元

二、 案例基本情况

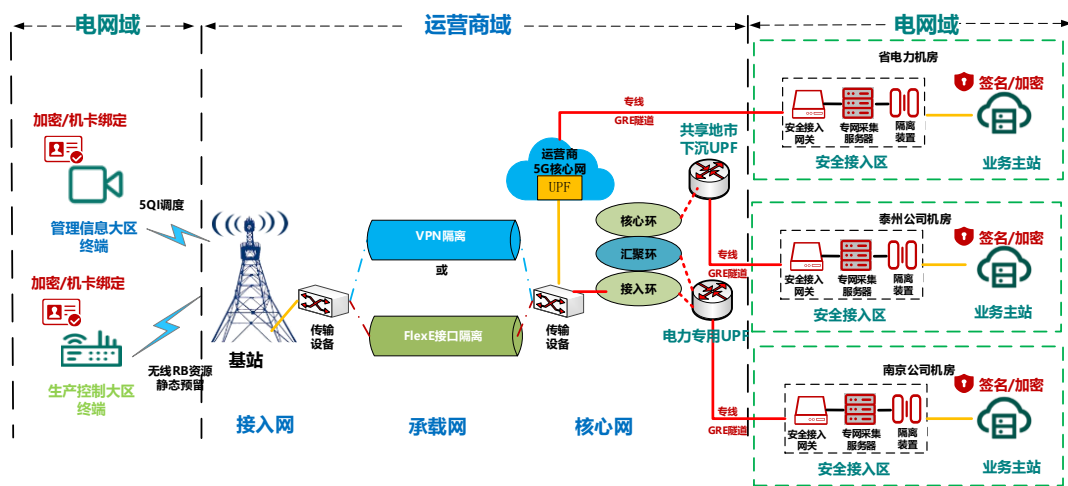
国网江苏省电力有限公司是国家电网系统规模最大的省级电网公司之一，拥有 35 千伏及以上变电站 3300 座、输电线路 10.71 万公里，服务全省 4621.36 万电力客户。

近年来，国网江苏电力在新型电力系统建设中面临三大痛点：**一是**分布式电源、储能等新型可控资源快速扩展，增大了输、配电网运行风险，故障应急处置缺少可靠的通信支撑；**二是**光纤难以支撑点多面广的保护控制类业务以及移动作业业务，基于光纤通信的线路电流差动保护和纵联保护在输配电网中并不具备大规模应用的条件；**三是**现有 4G 网络在带宽、速率、并发比等方面的承载能力面临巨大挑战。为解决上述问题，国网江苏电力联合南瑞集团、国网陕西电力等单位面向输配电领域开展 5G 网络在配网差动保护、无人机、巡检机器人、配电房全景监控、智能仓储等业务场景的应用研究，有效提高电网末端供电可靠性，为能源互联网数字化建设提供强有力的信息支撑。

三、 案例技术路线

该案例构建适用于电力行业的电力 5G 虚拟专网组网架构，形成“2切片+1安全”的解决方案。“2切片”是指分别建设生产控制大区和管理信息大区两个 5G 切片：一是生产控制大区采用硬切片隔离方式，在无线侧采用 RB 资源预留，在传输侧采用 FlexE 硬管道，在核心网侧部署电力专用 UPF；

二是管理信息大区采用软切片隔离方式，在无线侧采用 5QI 优先级保障，在传输侧采用 VPN 隔离，在核心网侧共享运营商核心网 UPF，或共享地市级下沉 UPF。“1 安全”是指该案例在终端侧根据业务需求，对业务数据进行加密，启用 5G 通信终端访问控制，采取机卡绑定策略；在安全接入区，按照二次安防要求部署安全接入、正反向隔离等措施；在主站侧，对控制报文做数字签名，并对所有报文进行加密。



电力 5G 虚拟专网组网架构

四、 案例应用场景

国网江苏电力基于输配电领域，围绕“输-变-配”环节业务场景，重点开展了一批可复制、易推广、新模式、新业态的 5G 应用，在利用 5G 提效传统业务、赋能新兴业务方面进行了有益尝试。

● 5G 线路差动保护：精确定位异常线路，实现故障快速切除

该场景通过在南京、连云港 10 条线路试点部署基于 5G 的差动保护装置，并依托 5G 网络实现高安全、低时延、高可靠通信通道，支持装置之间的数据交互。该场景中出现线路异常时，后台能够根据交互数据迅速研判和精确定位异常线路故障，并同步隔离故障线路或设备，实现电网故障快速切除，使电网故障处理时间从 1 s 左右缩短至 50 ms 以下，有效提高电网末端供电可靠性。



5G 承载差动保护性能测试



5G 室内型终端

● 5G 输电线路无人机巡检：无人机飞行远程控制，实现超高清图像实时回传

该场景利用定制化无人机通信模块，通过 5G 网络接收飞行管控平台下发的巡检任务，解析飞行控制指令，实现无人机的远程控制，并且将其位置信息实时传输给飞行管控平台，以保障飞行安全。此外，无人机通信模块对无人机云台摄像头的原始视频流进行编码、转换和封装，并依

托 5G 网络回传至江苏电力统一视频平台，以实现超高清巡检图像的实时回传与识别。目前，该场景在江苏总共完成 110kV 及以上杆塔无人机精细化巡检 14 万余次（占比约 70%），发现缺陷 10.6 万处，巡检效率提升 6 倍，人力成本减少 1.05 亿元/年。



输电线路 5G 无人机巡检

● 5G 变电站机器人巡检：数据传输更安全，巡视巡检更高效

该场景将变电站巡检机器人原有的 Wi-Fi 通信模块替换为 5G 通信模块，通过 5G 网络将视频流回传至江苏电力统一视频平台，并结合 5G 双向鉴权认证、信令面及用户面数据加密与完整性保护、机卡绑定等诸多安全技术措施，解决了 Wi-Fi 网络安全性不足、节点层级多的问题，让机器人数据传输更加安全。同时，依托 5G 高带宽、低时延及移动性优势，为机器人巡检提供更实时的数据回传、更快速的控制响应，巡检效率大幅提升，平均每次巡检时间 2 小时，每站每年平均节省巡检工时 200 人/小时。



变电站 5G 机器人巡检

● 5G 配电房监测：双通道终端实现不同大区业务统一承载

配电站房内的设备规模大幅增长对内部设备状态管控能力以及通信性能提出更高要求。该场景基于江苏电力无线专网的建设基础，创新研发了电力业务 5G+专网双通道终端，既满足高清视频监控等业务的大带宽需求，也能满足控制类业务接入专网的需求。一方面，通过 5G 网络将配电房多路高清视频传输到视频平台；另一方面，发挥电力无线专网近乎物理隔离的防护优势，实现配电自动化终端与主站系统的连接。国网江苏电力在全省 13 个地市、8000 个配电站接入视频监控业务，完成配电站远程监视巡检约 15 万次，巡检效率提升 8 倍。



配电房 5G 高清视频监控

● 5G 智能仓储：设备控制更精确，物资转运更高效

该场景在 AGV、行吊、子母车等大型移动设备增加 5G 数据转换终端，实现移动自动化设备“5G 化”改造。该终端将 5G 信号转化为以太网信号，通过网线连接至移动设备；同时开通设备控制系统到运营商地市级下沉 UPF 的专线通道，实现业务在市内的本地处理。依托 5G 网络实现设备控制系统与移动设备双向交互，实现移动设备抗干扰性增强、切换时延降低以及业务连续性提升。该场景 AGV 小车回传的端到端时延降低至 20ms 左右，设备控制系统可有效控制 AGV 安全保护距离，单位空间设备容纳数量增加 25%，设备协同效率提高 35%。



仓储 AGV 叉车



5G 数据转换终端

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例 5G 应用预计可获得 20 亿元直接经济效益，主要体现在三个方面：**一是**为电力业务服务提供智能化支撑，该案例提升巡检效率并大幅降低成本，节约运维成本 2.18 亿元，节约通信网建设投资 4.5 亿元；**二是**带动电力行业降本增效，降低输、配电线路停电损失 2 亿元，清理长期未使用的 0 流量卡，节约公网资费 2 亿元；**三是**通过共建共享、共治运维、共同投入，实现产业的协同发展。

（二） 环境和社会效益

该案例加速 5G 行业应用，促进多领域融合创新，带动上下游产业发展升级，带来四方面社会效益：**一是**通过 5 大业务场景、2 万通信终端的应用，规模化引导 5G 在智能电网领域的应用，推动产业升级；**二是**促进产学研联动，推动关键技术攻关，该案例突破 29 项关键技术，研发 15 款电力定制化 5G 装置及系统；**三是**提升电网的故障切除能力，

减少故障停电频次，电网更稳定，用电更安全；四是加快5G融合，加快安全高效的能源体系建设，实现可再生能源替代，每年节约标准煤800万吨，减少碳排放1500万吨，全面助力双碳目标。

六、案例典型经验和推广前景

（一）典型经验

本案例开展过程中探索得到两方面经验：一是标准化推动5G应用发展。国网江苏电力与南瑞信通公司研制了5G+专网双通道终端和电力5G综合管理平台，形成了《电力5G终端设备网络管理系统技术规范》等国家电网企业标准3项；二是共建共享加速5G应用推广。国网江苏电力与运营商探索形成了电力杆塔与移动通信5G基站共建共享的合作模式。该模式利用密布全国城乡和公路铁路沿线的电力杆塔共建电力移动通信系统，促进移动通信网络广覆盖、快覆盖，缩短施工周期2倍以上，提高通信基站建设效率，降低通信基站建设成本；推动电力业务安全接入5G网络，在加速国家5G网络建设进程的同时满足了电力业务5G接入应用需求；有利于节约土地使用面积，减少钢材用量，减少全社会温室气体排放量，助力“双碳”目标实现。

（二）推广前景

随着新能源的高速发展，新型电力系统中配电网将从无源网变为有源网，潮流由单向变为双向、多向，电网运

行控制更加复杂，实现生产提质、经营提效、服务提升，推动全业务、全环节数字化转型。该案例通过在输电端、变电端、配电侧等开展 5G 试点应用，有效验证了 5G 网络在性能指标上全面支撑电网业务，夯实了 5G 在电力行业的应用基础。从发展趋势看，未来进一步利用 5G 技术超高带宽、超低时延以及超大规模连接的新型特点，在发电、输电、变电、配电、用电等场景加快 5G 规模化应用，助力电网数字化转型。

12 广东电网：省地协同 5G 虚拟专网规模应用及自服务管理

一、 案例概览

所在地市：广东省

参与单位：广东电网有限责任公司、广东电力通信科技有限公司、广东省电信规划设计院有限公司、中国移动通信集团广东有限公司、中国电信股份有限公司广东分公司

技术特点：利用 5G 电力虚拟专网部署方案，解决不同运营商 5G 网络满足电力建设需求问题；利用 5G 融合电力载波等技术，解决 5G 与电力异构组网及业务适配问题；构建电力行业 5G 自服务能力开放指标体系，为网络融合、统管共维奠定基础；研发电力自服务 5G 支撑系统，支撑告警实时监测，流程跨域贯通，运维网业协同等业务

应用成效：相对以单个地市简单复制推广，单卡月租成本平均下降 15-20%；相对光纤敷设，单个台区节约建设成本 34.9 万；每年可节省现场核查人力成本 200 万元；业务开通时间从周缩短至天

二、 案例基本情况

广东电网有限责任公司是国有大型骨干企业中国南方

电网有限责任公司的全资子公司，是全国规模最大的省级电网公司之一。公司秉承“人民电业为人民”的企业宗旨，负责投资、建设和经营管理广东省 20 个地级市（不含深圳市）的电网，供电面积 17 万平方公里，供电客户 4649.64 万户，供电人口超过 1 亿人，并为香港、澳门提供电力供应。

为实现 5G 电力应用从“单体场景验证”向“规模化应用建设”过渡，广东电网亟需解决支撑省地集约化管理欠缺、适配业务场景灵活接入不足、终端自主管控待增强、5G 应用成本较高等问题。为此，广东电网联合广东移动、广东电信以“建体系、搭平台、推应用、育生态”为目标，从网络、终端、管理、业务 4 个维度提出综合解决方案，在核心技术攻关、终端产品研制、支撑系统搭建、区域示范验证、标准体系构建等方面取得全面突破，为其他省级电网和垂直行业规模推广 5G 应用提供参考与借鉴。

三、 案例技术路线

该案例通过网络、终端、平台与应用四部分关键技术实现整体解决方案。网络部分实现 5G 电力虚拟专网部署，采用电力 5G 切片等灵活组网模式突破 5G 网络省地部署瓶颈；终端部分实现融合 5G 电力定制终端，通过适配异构组网的电力定制终端解决业务场景快速灵活接入，如 5G+载波通信智能开关等；平台部分通过安全可控的电力自服务 5G 支撑系统满足 5G 电力应用运维能效、流程跨域贯通及运维

网业协同需求；应用部分实现 5G 与全业务场景适配，形成三大 5G 特色应用示范，完成“发、输、变、配、用、综合”业务场景验证，有效推动 5G 与电力安全生产深度融合，并孵化多元商业模式。



案例技术路线图

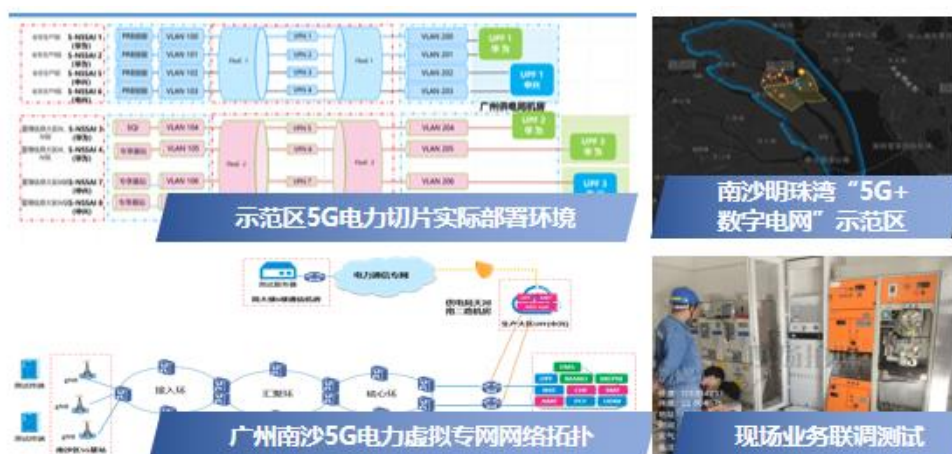
四、 案例应用场景

该案例依托 5G 网络构建了三个电力融合业务示范区，实现电力 5G 技术及业务、电力 5G 运行及合作模式、电力 5G 新能源接入等方面的验证。

● 5G 全业务示范区：打造广州南沙规模应用样板间

该示范区部署完成 5G 电力虚拟专网，并实现超 11000 个电力 5G 通信终端的接入。示范区能够实现电力 5G 网络技术和电力 5G 融合业务的双重验证。在 5G 网络技术方面，示范区完成无线空口资源预留比例测试和业务边界指标测试，支撑电力 5G 网络的技术落地；在电力 5G 融合业务方面，示范区完成“发输变配用”全环节 51 类业务综合性示

范验证，侧重验证电力 5G 虚拟专网切片隔离性能、资源保障性能和电力业务承载能力，充分表明 5G 网络在高精度授时、超低时延、超可靠性的商用价值。



5G 全业务示范区

● 5G 多站融合节能低碳示范区：探索低碳运行、创新商业模式

该示范区围绕电力 5G 应用的运行及合作模式开展验证。网络方面采取“5G+MEC+共建共享组网”模式，将东莞松山湖区域 5G 基站+边缘计算纳入多站融合的资源及能耗规划，构建新能源本地消纳、峰谷价差、共建共享的模式，实现土地集约化开发、部署成本降低、清洁能源利用以及产业链成本降低等四方面经济社会效益。同时，该场景以互利共赢方式推进生态圈建设，节约行业应用成本 26%，年均净利润 223 万元，为 5G 规模化建设提供有力支撑。



5G 多站融合节能低碳示范区

● 5G 新能源示范区：助力“碳达峰、碳中和”

该示范区以 5G+载波技术为基础搭建源、网、荷、储综合能源架构，通过 5G 网络采集得到光伏、充电桩、智慧路灯、储能、用能等数据，打造微网虚拟电厂、用户侧需求响应、计量集抄等融合业务场景，顺利完成清远市新马村全村 234 户屋顶光伏的安全接入。该示范区已成为省内“碳中和”新能源示范村，有效提升当地源网荷储系统互动及新能源消纳水平，其成功实践标志着广东电网“5G+新一代载波”通信体系建设全面进入实用化阶段。



5G 新能源示范区

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

该案例成果主要在降低通信基础设施投入、提高运营效率、创新商业模式、实现业务升级四个方面取得经济效益：**一是**省地协同电力虚拟专网方案大幅降低全省部署成本。综合三大运营商 5G 资费框架协议，省地协同的总体方案成本最低，相对以单个地市简单复制推广，单卡月租成本平均下降 15%-20%；**二是**电力载波+5G 终端引入大幅降低末端弱覆盖成本。在地下室、配电房、楼宇内部以及末端使用 PLC 相对 5G 深度覆盖，单点成本下降 1000-2000 元，相对光纤敷设，单个台区节约建设成本 34.9 万元；**三是**引入电力 5G 支撑系统，实现线上业务开通，提升性能状态监视效率。如通过引入“甩单模式”对电力企业实现切片线上订购，业务开通从周级缩短至天级；**四是**规模应用对新

型电力系统提供了有力支撑。在输变电领域，实现 85% 的情况无需现场核实即可直接开展紧急处置流程，每年可节省现场核查人力成本 200 万元。

（二）环境和社会效益

该案例提升了新型电力系统安全性与供电可靠性，通过终端、管理等方面自主研发，带动 5G 产业链成熟。

在环境效益方面，该案例满足了业务安全隔离需求与海量数据连接需求，大幅降低通信时延，助力电力通信可观、可测、可控，为源-网-荷协调控制技术提供支撑，实现对电网运行状态的全面感知和对系统资源的优化控制，提高能源综合利用效率及服务质量。

在社会效益方面，一是保障居民用电安全。提高供电可靠性，缩小停电范围。为电网与用户供需互动提供更快速有效的互动方式。二是促进电力 5G 应用产业成熟。通过打造电力 5G 行业应用标杆，积累 5G 技术在垂直行业的应用经验，形成可复制的省地 5G 专网一体化解决方案，扩大 5G 影响力。该案例围绕“5G+智能电网”业务特点设计切片、终端、平台等技术，带动 5G 芯片、模组终端价格的下降，助力 5G 产业链成熟。

六、案例典型经验和推广前景

该案例通过设计省地专网部署应用一体化方案。在感知层，研制并应用了“算网一体”的多功能终端产品，泛

用性强且成本低，快速提升电力系统终端感知能力；在网络层，设计高安全、低成本的省地部署模式，灵活的组网模式直接降低部署门槛，在“省集中地市复用”的指导下有效确保业务安全性与可靠性；在平台层，满足省地大范围通信连接需求，达到网业协同、跨域共赢的效果。该案例成果丰硕，申请专利 57 项，授权 9 项；发表论文 18 篇（EI 收录 10 篇），获软件著作权 5 份，提交 3GPP 标准提案 17 份、形成企标 9 份。

该案例生态效应和适用性较好，具有良好的推广前景。在生态效应方面，该案例汇聚运营商、终端厂家等产业各方优势资源，以跨领域的商业和技术创新，孵化新生态。一是与运营商深度合作，提升业务运维效能的同时实现跨域共建共赢；二是自服务 5G 应用，赋能通信数据增值生态，实现对海量数据的分析与管理；三是出于终端可观可测需求，推动行业上下游，带动终端量产应用，提升业务适配性。在适用性方面，该案例从全业务应用视角到特色场景应用，充分验证了全业务示范模式、新能源示范模式及多站融合示范模式在多元电力场景的应用价值，既能推进 5G 与电力安全生产深度融合，又能孵化多元商业模式，推动“5G+”生态建设。

三、智能煤矿+5G

13 内蒙古白音华：露天煤矿宽体自卸车 5G+无人驾驶

一、案例概览

所在地市：内蒙古自治区锡林郭勒盟

参与单位：国家电投集团内蒙古白音华煤电有限公司露天矿、西安主函数智能科技有限公司、西乌珠穆沁旗星光运输有限责任公司

技术特点：5G+无人驾驶技术实现原煤运输环节无人化，减少现场作业人员数量降低人员成本；5G+远程接管技术降低现场人员安全风险，提高作业安全性；5G 专网本地化部署保证数据不外流，保护数据安全，实现超低延迟

应用成效：32 台无人驾驶宽体自卸车在原煤运输环节实现全程无人化试生产运行，生产效率达到传统人工驾驶生产效率的 90%，每年仅人工成本就节省 750 万元

二、案例基本情况

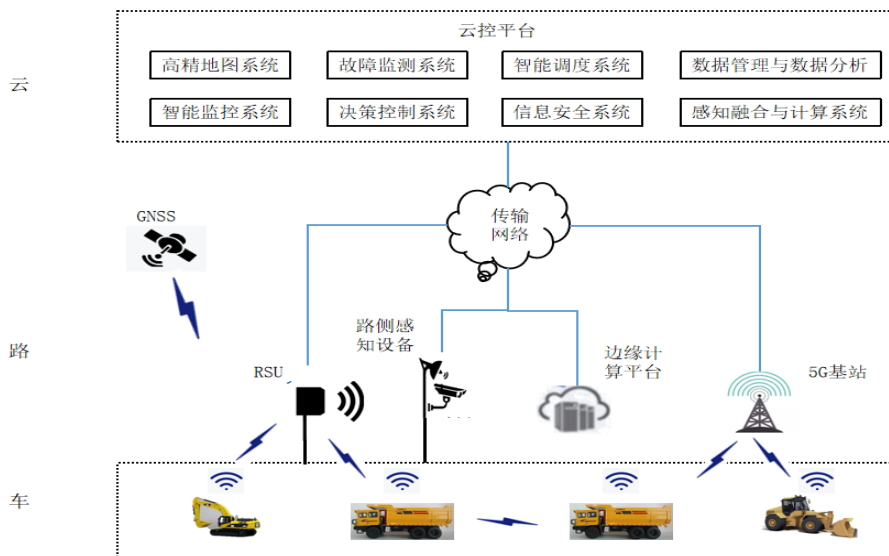
国家电投集团内蒙古白音华煤电有限公司露天矿（以下简称“白音华露天矿”），位于白音华煤田中南部，设计规模为 15.0Mt/a，露天矿设计服务年限为 45a。拥有煤炭地质储量 998.0Mt，煤种为褐煤，煤炭发热量 3150kcal。近年来，公司以建设智能矿山为发展方向，大力推进生产设备大型化、生产工艺现代化，生产系统自动化以及生产管理信息化建设，致力于建设“智慧、无人、绿色、零碳”新型矿山。

露天矿山安全形势严峻，在生产过程中存在诸多问题：

一是员工高流动性导致招聘成本、管理运行成本持续上升；二是员工素质参差不齐，存在因操作不当导致的人身伤害或设备损坏等安全风险；三是露天矿招工、用工难问题越来越凸显，亟需转型改善；四是露天矿现有网络基础，无法满足数字化转型需求，严重制约矿区无人驾驶升级。为解决上述问题，白音华露天矿着力开展宽体自卸车 5G+无人驾驶研究，以满足“少人则安、无人则安”的智能化矿山新需求。

三、 案例技术路线

该案例依托 5G 行业专网构建了车-路-云的智慧矿山自动驾驶总体架构。其中“车”主要由矿卡、铲运车、挖掘机等各类采矿运输设备组成；“路”主要由路侧感知设备、5G 基站以及边缘计算平台等组成；“云”主要由云控平台构成，可支撑高清地图、智能调度、决策控制、故障监测等多类应用。车和云之间通过 5G 专网实现感知数据与控制信息交互。边缘计算平台 MEC 作为本地数据处理中心可提供本地应用服务，如视频分析、高精度定位、V2X 设备和连接管理、感知数据融合处理等。



智慧矿山自动驾驶总体架构

四、案例应用场景

● 生产运输：助力煤炭运输无人化

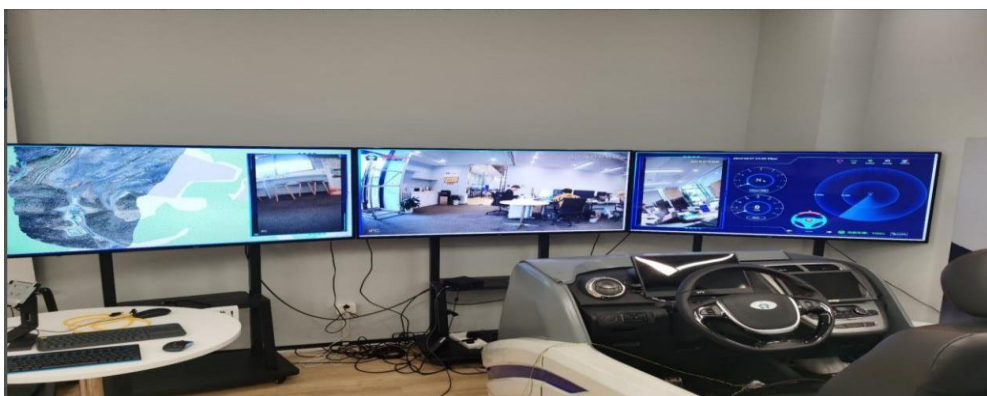
露天矿山无人驾驶技术依托矿山 5G 专网，在宽体车上加装高清摄像头、高精度 GPS 定位模块、T-BOX 等数据采集终端。通过 5G 网络将采集的信号实时传输至云控平台，经由“智慧矿山无人运输平台”综合处理后发出控制指令，实现全局状态监控，作业任务下发、高清视频监控、实时调度等无人驾驶功能。在原煤运输环节与煤炭破碎系统联动作业，实现原煤运输环节“装-运-卸”全程无人化试生产运行，减少现场作业人员，有效降低事故发生率。



运输环节应用场景

● 系统维护：实现车辆应急接管远程化

针对安全员下车后，无人驾驶车辆在各种异常情况下的远程应急接管需求，依靠 5G 网络极低时延、超高可靠及大带宽的特性，回传现场高清视频至中控室，远程操作人员可实时观察现场作业环境，通过远程精准控制，减少人力投入，降低恶劣环境下工作的危险性，提高作业效率。



远程接管

● 自动收发车：推动车辆收发自动化

利用 5G 大带宽、低时延的特点，加装在无人驾驶宽体车上的视频终端实时采集高清视频，并通过 5G 虚拟专网回传至智慧矿山无人运输平台，依托算法分析和高精度地图

系统自动分配停车位，指引车辆停放在指定车位上。目前，该场景已实现 32 台作业车辆收、发全程无人参与，基本实现车辆“发-装-运-卸-收”全作业流程无人运转。生产准备时间降低 1 小时，现场作业人员减少 34%，生产效率提高 15%。



自动收发车功能

五、 案例主要成效

该案例取得两大成效：**一是**实现原煤运输环节“装-运-卸”全程无人化试生产运行。现已实现 32 台无人驾驶宽体自卸车在原煤运输环节与煤炭破碎系统联动作业，生产效率达到传统人工驾驶生产效率（2000t/h）的 90%；**二是**实现连续安全生产。在煤炭保供时期，无人驾驶项目进入白班+小夜班连续试运生产作业模式，累计安全稳定运行 50 多天，运输煤炭 53 万吨，实现“智慧+无人+保供”新突破。

（一）经济效益

案例经济效益主要体现在生产经营成本降低及安全性提升方面，最大程度地减少工程现场作业人员数量。传统运输模式下，单车需配备 3 名司机，司机薪资成本每车约 30

万元/年，不考虑用人成本增长因素，全部替代后（40 台车）共计可节省人工成本 1200 万元/年。该案例在保证效益的前提下，提升生产人员的安全水平，通过无人驾驶从根本上杜绝生产过程中人员安全事故的发生，实现减人增效。

（二）环境和社会效益

一方面，助力实现我国“双碳”发展目标。据白音华露天矿运营 3 年的运行数据显示，自动驾驶卡车的油耗较人工驾驶卡车低 11%，间接推动了“双碳”目标的实现。另一方面，作为较早实现无人驾驶运营落地的案例，白音华露天矿在露天煤矿开采运输环节开展了宽体自卸车 5G+无人驾驶试点验证工作，形成区域内标杆示范效应，助力 5G+无人驾驶产业成熟。

六、案例典型经验和推广前景

本案例在煤炭开采运输环节应用无人驾驶，为智慧矿山建设摸索出一条切实可行的道路，有利于在白音华露天矿其他运输环节、兄弟单位进行全面推广，为后期进行的项目提供经验数据和积累，为智慧矿山建设提供方向与路径。

14 国电建投内蒙古能源：5G 网络服务与应用项目

一、 案例概览

所在地市：内蒙古自治区鄂尔多斯市

参与单位：中国移动通信集团内蒙古有限公司、国家能源集团国电建投内蒙古能源有限公司、中国信息通信研究院、中移（上海）信息通信科技有限公司、中国移动通信集团研究院、中国移动通信集团设计院有限公司、上海山源电子科技股份有限公司、内蒙古普盛科技有限公司、杭州海康威视数字技术有限公司

技术特点：利用 5G 融合机器人巡检技术，解决人员定时检查频繁、驻点值守环境复杂、空间狭小、易出现积水等安全及环境问题；利用全景仿真+远程诊断技术解决工作地域偏远、交通不便、一线工人能力不足、专家资源短缺等问题

应用成效：放顶工作面（250 米宽）减少岗位工 15 人/班；作业现场数据采集无人化

二、 案例基本情况

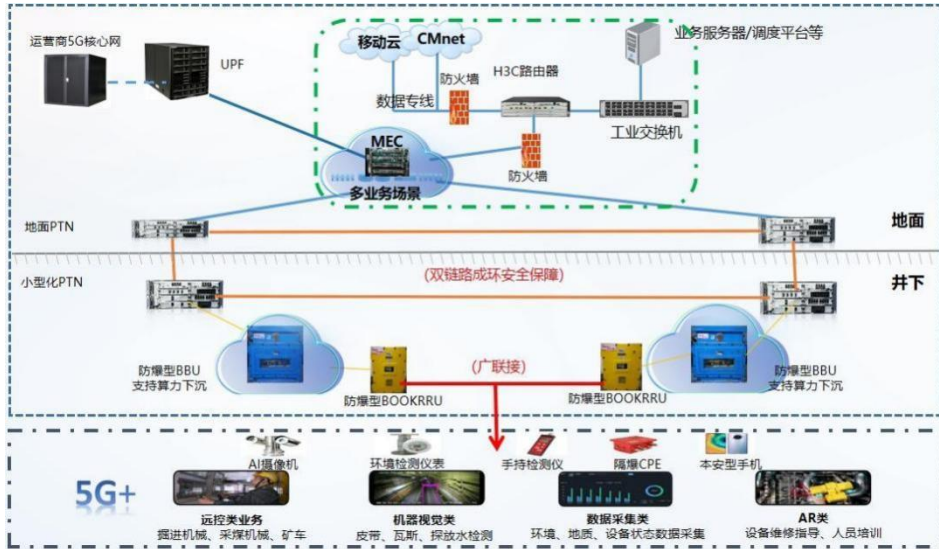
国电建投内蒙古能源有限公司位于内蒙古自治区鄂尔多斯市境内，行政隶属于伊金霍洛旗乌兰木伦镇。公司 2010 年同期建设察哈素煤矿和布连电厂，其中察哈素矿井设计能力 1000 万 T/a，布连电厂建设 2×660MW 燃煤发电机组，矿井设计生产能力为 1000 万 T/a。

现阶段，我国大多数煤矿因建设久远，专网多采用传统网络技术，限制了企业发展。国电建设内蒙古能源有限公司在智能化转型升级中面临着六个发展痛点：**一是**网络无法满足高清视频回传所需的大带宽、低时延需求；**二是**

传统的 3G 专网和新增的 5G 专网融合组网困难；**三是**日常巡检过度依赖人工，智能化巡检水平低；**四是**场区专网与工业环网之间缺少安全隔离，数据安全性差；**五是**接口不统一，系统缺乏统筹管控；**六是**无法实现远程诊断，严重影响企业生产效率，并且存在一定的安全隐患。为解决上述痛点，内蒙古能源联合中国移动、上海山源等企业共同开展 3G 专网和 5G 公网融合互通探索，为未来数字矿山发展奠定基础。

三、 案例技术路线

为了满足生产区域、煤矿井下等重点区域的 5G 网络覆盖需求，该案例进行统一规划设计，在同一张网中兼顾煤矿六大生产系统，以实现语音、视频、数据等业务的全面承载。案例解决方案可划分为业务和网络两大部分：其中业务部分主要完成井下人员通信、传感器信息采集、视频监控、远程控制等场景建设；网络部分则通过 100G 带宽的 SPN 双路由保护进行数据传输，有效保证整个系统运行的可靠性、安全性和灵活性及可扩展性。同时，核心网用户面下沉到煤矿基础设施，利用 MEC 提供更高的数据安全保障，实现数据在站点内的本地存储和运算，节省边缘到核心网的传输资源开销和商业成本。

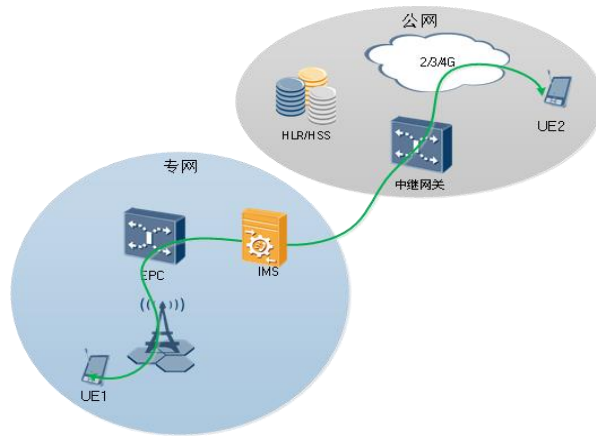


智能煤矿实现架构

四、 案例应用场景

● 网络融合：实现 3G 专网与 5G 网络的语音互通

该场景通过单向互通的组网模式实现 5G 网络与工业环网数据交互。在充分融合客户已有资源的基础上，打破 5G 只能与 4G 进行交互操作的技术屏障，实现 3G 专网与 5G 网络的语音互通。同时，利用防火墙和单向网闸实现 5G 专网与工业环网的安全隔离。通过对接行业虚拟专网与运营商公网，将传统专网技术和新一代 5G 通信技术相互取长补短，一定程度上扩大业务应用场景，破除专网、公网屏障，实现专网和公网的深度的融合，为企业提供更优质的网络保障。



5G 专网呼叫公网流程

● 机器人巡检：实现特殊作业场景下无人替代

通过对机器人进行内置模组、安装天线、更换对接线等系列改造完成 5G 升级。改造后的巡检机器人可通过 5G 网络回传数据，完成与工业环网工作站的数据交互，进而支撑集控中心工作人员远程操控机器人进行巡检作业。该场景不受巡检人员个人经验、主观意识等因素影响，实现巡检信息采集、数据记录、监测数据分析、巡检报告生成的全流程自动化，解决人工定时检查频繁、值守环境复杂、巡检空间狭小、巷道积水多发等安全环境问题。该场景通过智能巡检机器人改造，减少巡检人员 14 人，真正实现了智能巡检无人值守。



机器人巡检场景

● 全景仿真远程诊断：缓解专家资源紧张问题

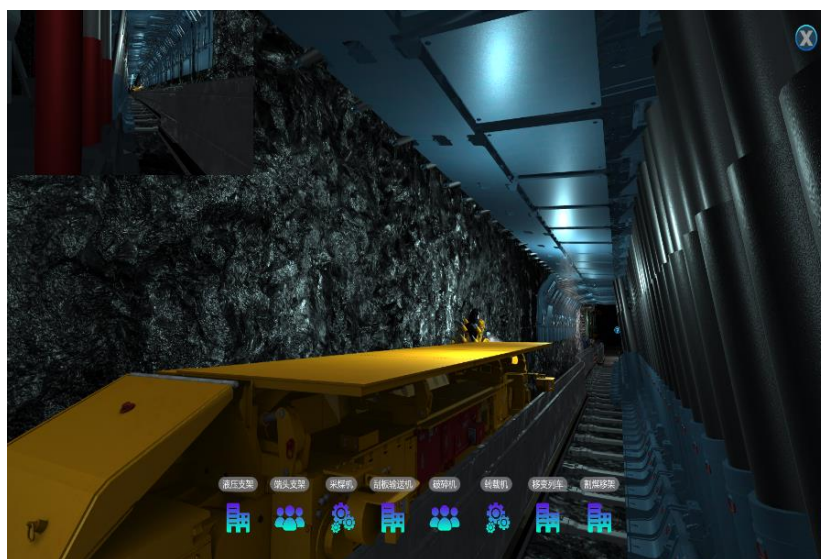
通过融合 AR 技术与 5G 技术，一线工作人员将现场高清视频实时同步至专家侧，并通过标注对比完成点巡检，专家可以通过实时连线的方式，对现场的疑难问题进行远程诊断。该场景可有效解决工作地域偏远、一线工人能力不足、资深专家资源短缺等问题，提高一线问题响应速度，降低停工损耗。此外，该场景配合三维建模技术可进一步满足煤矿安全可视化仿真教学、综采面全景化展示、真实数据实时同步分析等矿山一线技术能力需求。



全景仿真远程诊断

● 5G VR 三维建模：实现井下视频高清回传

该场景将采煤机传感器、摄像头等终端设备采集的作业面全景数据依托 5G 网络上传至系统平台，平台利用数字孪生技术进行三维建模，实现煤矿安全技术可视化仿真教学、综采面全景展示等系列应用。为提升传输可靠性，该场景利用 AR 路由器实现数据工业环网及 5G 专网双路由回传，消除井下数据单路传输隐患。该场景主要应用在封闭或半封闭场景，尤其适合井工矿等场景，目前已在内蒙察哈素煤矿应用，完成井下 2 个综采面建模，实现 2 种煤机设备 5G 改造。



采煤综采面仿真全景化展示

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

目前煤矿 5G 行业虚拟专网及应用以总集成服务的合作模式为主。本期项目总投资 1376 万元，当前主要以井上及

井下 2 个采面区域的覆盖以及基于 5G 智能化采面的应用为主，后续将结合应用情况开展二期智能化研究。

（二）环境和社会效益

案例实现了 5G 行业虚拟专网与工业环网的安全隔离，实现“井上看清井下（超千兆上行）”、“井上控制井下（低时延）”、末端设备“剪辫子（移动性）”等三项常规功能，显著提升煤矿产业智能化、安全化水平。一方面，依托 5G 智能化采煤技术打造本质安全型工作面，保障矿工人身安全及设备安全；另一方面，工作面智能化采煤技术的实践和探索，将带动企业自身和煤炭行业的科技进步，助力提升煤矿综采技术装备水平，支撑实现“无人化、少人化”的发展目标。

六、案例典型经验和推广前景

该项目符合国家及行业发展战略，在智慧矿山建设中具有典型示范作用。**一是**客户感知好。5G 井工矿无线千兆上行技术在国电察哈素煤矿应用后，高清视频、监测控制等信号回传稳定性提高，客户满意度上涨，有利于提高品牌效应；**二是**成果普适性好。国内各大煤炭企业的 5G 融合场景均可借鉴，其他涉及低时延、大带宽、大连接需求的井工矿，均可以复制该成果；**三是**系统可移植性强。该案例创新理念可在其他行业领域复制推广。

该案例积极响应国家号召，符合集团公司“绿色行动

计划”的要求。通过集成“智慧洗选+智慧工业园+智慧电厂+智能矿山”等多个 5G 场景打造了龙头示范项目，形成的标准化解决方案已成功应用于内蒙古的麻地梁、窝兔沟、范家村等项目。未来将基于现有基础，进一步扩大 5G+智能煤矿产业生态圈，助力我国能源行业、装备制造产业转型升级。

15 中煤陕西大海则煤矿：复杂环境下的智慧安全开采

一、案例概览

所在地市：陕西省榆林市

参与单位：中煤陕西榆林能源化工有限公司、中煤陕西榆林大海则煤业有限公司、中煤信息技术（北京）有限公司

技术特点：利用 700M&2.6G 混合组网进行网络覆盖，降低人工成本和安全风险，实现井下 5G VoNR 首通；利用“三网合一”硬隔离切片组网，实现采煤工作面“一站式覆盖”；利用“三级弹性算力架构体系”赋能煤矿智能化、无人化

应用成效：人工成本减少 2000 万元/年；5G 建设成本降低 40%以上，运维成本降低 50 万元/年；基于各种智能化应用和管理提升手段，大海则员工编制 980 人，相较周边类似矿井，人数减少 30%

二、案例基本情况

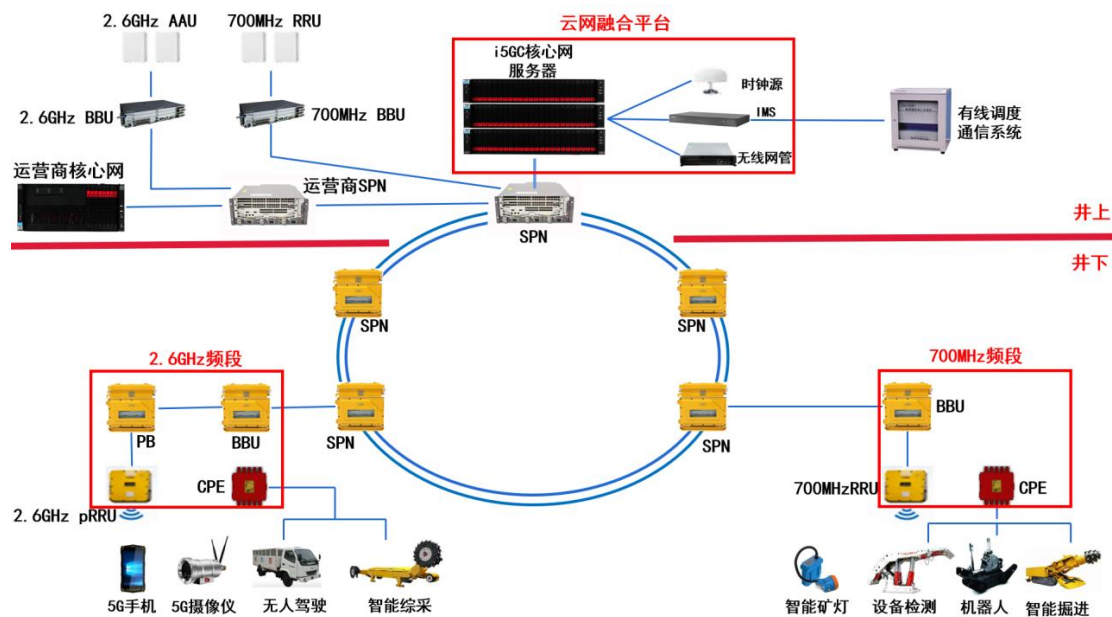
中煤陕西榆林能源化工有限公司（简称中煤陕西公司）是中国中煤能源股份有限公司的全资子公司，主要负责中煤集团在陕西省煤炭、煤化工、电力、铁路等项目的投资筹建和生产经营工作。现有生产及在建煤矿 2 座，其中大海

则煤矿可采煤炭资源储量 34.45 亿吨，煤炭产能 2000 万吨/年。煤化工产能为聚烯烃 60 万吨/年、甲醇 205 万吨/年，同时副产 MTBE、丁烯-1、硫磺、混合碳四等。公司煤化工生产技术综合实力雄厚，煤炭资源储量及产能优势突出。

传统井下煤矿综采工作面面临着以下痛点：**一是**工作环境恶劣。井下环境地质条件多样，巷道关系复杂，温度、湿度、噪声等因素影响作业人员身心健康；**二是**设备多样，管理复杂。综采面拥有采煤机、液压支架、刮板输送机、转载机、破碎机等多类设备，虽基本实现了机械化作业，但其生产运行及管理维护仍然高度依赖人力支撑。为解决上述难点，中煤陕西公司在大海则煤矿开展 700M+2.6G 混建工作，并建立井上+井下试点综合验证不同频段下煤矿场景的覆盖和容量性能指标，为建设 5G+智能化矿山奠定基础。

三、 案例技术路线

中煤大海则煤矿开展 700M+2.6G 融合组网建设，以“云网融合平台”为基础，采用有线光纤骨干环网+SPN 方式进行骨干网络融合和提升，并分两个阶段进行建设，第一阶段进行井上和井下试点混建，验证不同频段下煤矿场景的覆盖和容量性能指标；第二阶段增补通讯设备（700M 和 2.6G 基站及配套）进行全矿井覆盖，开展基于 5G+技术的虚拟交互应用、超高清视频、全景工作面、远程实时控制等煤矿井下业务应用。

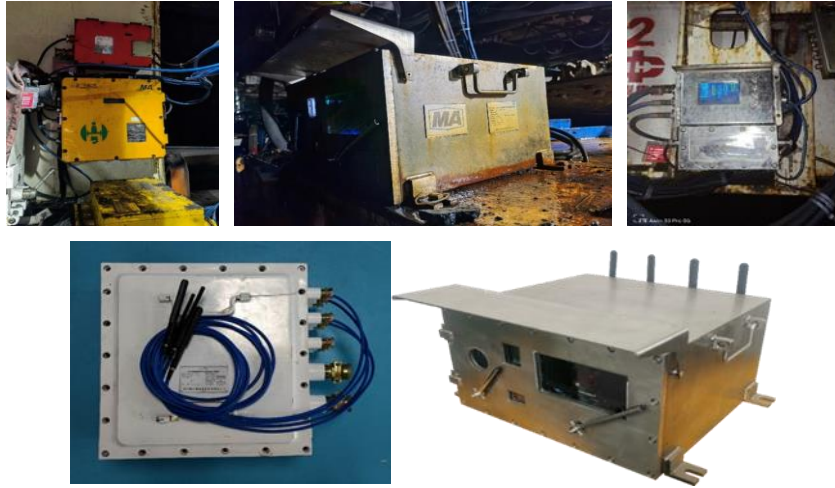


大海则煤矿网络建设方案

四、 案例应用场景

- **5G 综采工作面应用：实时获取数据，提供安全保障**

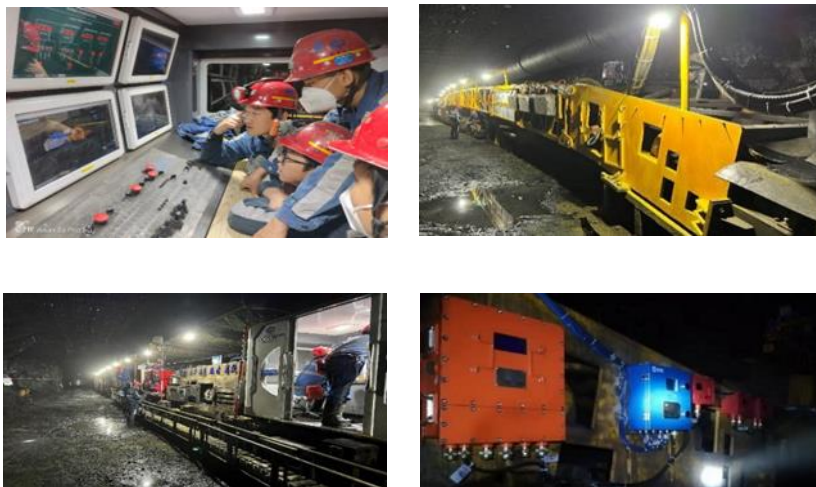
综采系统的惯性导航设备和上窜下滑设备应用 5G 技术低延迟的特点，将煤机的位置信息、工作面推进信息实时报送给控制系统，为工作面远程安全开采提供了可能。同时，应用 5G 大带宽的特性，传输工作面所有视频流和大量设备运行、故障诊断等信息数据，满足地面远程集控和视频 AI 高效分析需求。



5G 综采设备

● 5G 掘进工作面应用：“远离”危险区域，提供安全保障

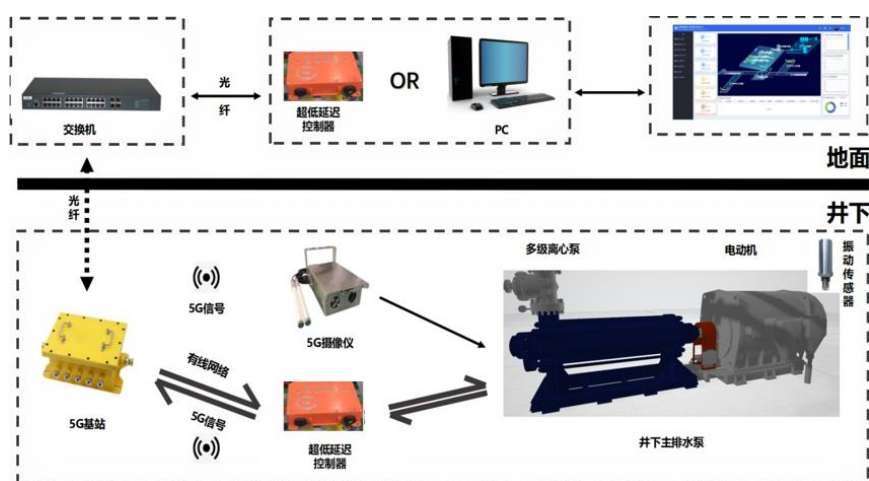
掘进区域所有监控视频、设备运行故障等信息通过 5G 网络上传至集控中心进行分析处理，工作人员根据信息分析结果下发操作控制指令，实现掘进设备的智能化控制。通过 5G 低延迟控制技术在掘进面的应用，将现场工作人员从危险掘进区域转移至集控中心，提高整体智能掘进的安全性。



5G 掘进工作面

● 5G 泵站应用：5G 深入控制环节，实现现场无人值守

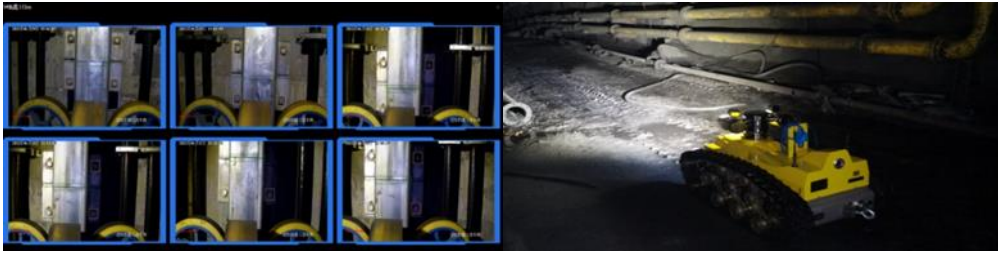
泵站控制系统应用 5G 的低延迟控制技术，结合矿井数字孪生系统、应用边缘故障诊断和健康管理平台等，将实际的业务状况与 5G 控制深度融合，保证水泵的及时启停和故障监测，解决大海则煤矿无人值守难问题。



5G 泵站工作流程图

● 5G 机器人/无人驾驶车辆应用：提高操作时效性/实时性

机器人、无人驾驶等设备的传感信息通过 5G 网络与各设备的控制系统实现联动，子设备、子场景的不同类型的数据信息汇集接入统一管理平台，实现数据互联互通和在线可视，支撑车辆无人驾驶、设备人员防碰撞等融合应用场景。



井筒巡检机器人

应急侦测机器人



智能喷浆机器人



辅运车辆无人驾驶

无人化 5G 应用场景

● 5G 终端应用：矿井 5G 全覆盖、实时了解全矿井动态

该场景利用 5G 通信网络实现语音通话、井下视频通话、广播联动等功能，支持在手机端查看安全双预控、设备管理、综合自动化、车辆管理和安全监测监控等系统的实时数据信息，真正实现移动办公，方便快捷。



5G 移动作业管控

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

本案例主要取得两方面经济效益：**一是**降低建设成本。通过部署 700MHz 基站实现广覆盖,统筹考虑辅料、配件、电源及施工等因素，每个区域建设成本约节省 50 万元。另外，根据不同矿井部署需求可节约 100-500 万元不等，降低建设成本 40%以上；**二是**实现减员增效。通过智能化应用部署和管理手段提升，大海则员工编制降低为 980 人，相较周边类似矿井人数减少 30%，人均效率大幅提升。

（二）环境和社会效益

本案例主要实现以下效益：**一是**煤矿安全保障能力大幅提升。5G 大带宽和低延迟特性使得部分危险场景减少工作人员成为可能，运维工作量大幅降低，作业安全性显著提升；**二是**高危环境下少人无人。案例依托矿井生产装备智能化远控、5G 机器人智能集群、远程控制等 5G 融合应用场景，实现了综采面/掘进面少人化、井下固定场所无人值守等系列变革，高危环境下生产业务数字化水平显著提升；**三是**树立行业标杆。案例基础设施完善，场景丰富，为全国煤炭行业 5G+智能矿山建设树立典范，并成功入选 GSMA 发布的《中国 5G 垂直行业应用案例 2022》。

六、案例典型经验和推广前景

该案例取得典型经验如下：**一是**高安全保障。高速通信链路为煤矿安全生产提供支持，通过 5G 的低延迟特性使得部分危险场景减少工作人员成为可能，700MHz 的应用间

接提升安全性；**二是**低运维成本。随着基站数量减少，基站、线缆、电源等运维成本降低，每年约节省几十万元，大幅降低工人的劳动强度；**三是**丰富的 5G 应用场景。该案例实现了 5G 技术与不同业务场景的结合，助力 5G 技术在更多煤矿场景发挥价值。

大海则煤矿 5G 融合组网方案可复制性强，当前在陕西榆林 10 个煤矿实现规模复制落地，合同金额约 1.2 亿元。基于该案例的示范效应，内蒙、陕西、山西、黑龙江等省份有合作意向的煤矿已达 16 个。后期随着 5G 融合应用探索的持续深入，复制推广规模将继续扩大，支撑国内现有矿山的数字化、智能化转型。

16 新疆哈密疆纳矿业：露天煤矿无人驾驶项目

一、 案例概览

所在地市：新疆维吾尔自治区哈密市

参与单位：新疆疆纳矿业有限公司、中国移动通信集团新疆有限公司哈密分公司、华为技术有限公司

技术特点：应用基于矿区动态业务地图的云控管理系统、矿山 5G 虚拟专网技术、矿用卡车智能驾驶平台 MDC 三大核心技术，实现露天煤矿无人驾驶，提升煤矿运输效率和作业安全性

应用成效：露天煤矿“采运排”核心生产无人化率大于 80%，实现露天煤矿运输作业的本质安全；实现 24 小时全连续不停歇作业；单车节约人工成本 40 万/年；减轻粉尘、噪声、振动等工作环境对人体的伤害

二、 案例基本情况

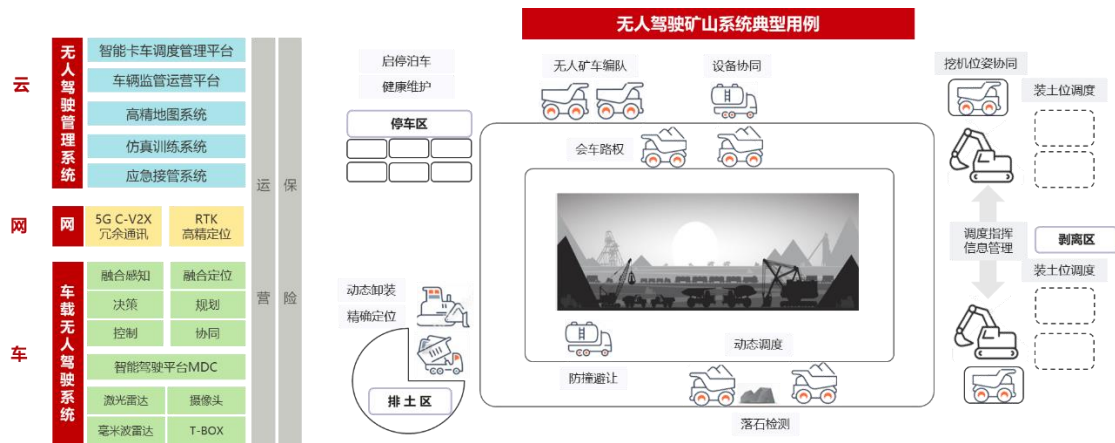
新疆疆纳矿业有限公司（简称“疆纳矿业”）地处新疆大型煤炭基地淖毛湖矿区西北部，所属兴盛露天煤矿核定生产能力 2300 万吨/年，是国家二级安全生产标准化矿井，2021 年被发改委列入保供煤矿名单。公司先后获评“国家级绿色矿山”、“国家级特级安全高效矿井”、“专精特新企业”和“高新技术企业”等多项荣誉称号。

运输作业是露天煤矿生产“穿爆采运排”中非常重要和复杂的工序，也是露天煤矿安全生产管理的重点和难点。传统运输方式下面临以下痛点：**一是**人员作业环境差。宽体车司机在高寒、酷暑、颠簸、扬尘等恶劣工作环境工作，在现场作业人员中占比超过 70%；**二是**从业司机老龄化、招工留工难等问题凸出。为解决上述问题，疆纳矿业联合中移动、华为等企业开展 5G+无人驾驶技术的应用研究，实现矿山无人化运输，提升矿山生产安全系数。

三、 案例技术路线

为满足露天煤矿无人驾驶典型作业场景的需求，案例提出了“云、网、车”协同驾驶的解决方案架构，支撑实现矿用自卸宽体车作业过程中智能感知、无人驾驶控制、精准停靠、自动排卸等系列应用。其中“云”指云控系统，是矿山运输作业管理的核心大脑，负责无人驾驶系统的算法优化、系统调度、运维监管等智能模块管理。“网”指网络

通信，用于连接云控系统和车端智能系统，保证整个露天矿无人驾驶系统的正常运行。通过下沉 UPF 设备，实现大带宽、低时延、高可靠 5G 网络的真正落地，以保障无人驾驶业务正常开展；“车”指车端智能，在车端通过加装车载计算平台 MDC、激光雷达、毫米波雷达、摄像头、组合惯导等智能设备和传感器模块，提升车辆的智能驾驶水平，实现车辆无人驾驶，满足综合调度需求。



露天矿无人运输解决方案系统工程框架

四、 案例应用场景

该案例利用 5G 技术大带宽、低时延和高可靠的特性，先后落地无人驾驶中的车铲精准对位、基于高精地图实时更新的无人运输、排土区精准停靠、车辆智能调度等应用。

● 5G 宽体车和挖机精准对位:实现采装区设备无人协同作业

该场景依托 5G 低时延的特性，宽体车位置与挖机姿态数据实时上传至云端。云端智能算法平台精准监控车辆的位置和姿态，并结合车端智能检测等技术，实现宽体车与

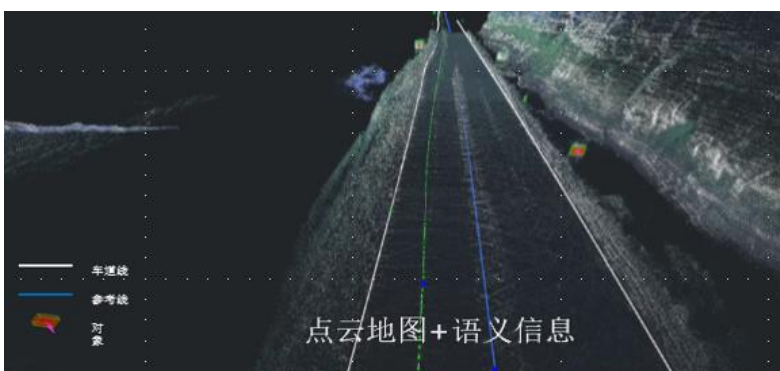
挖掘机的自动精准对位，避免人工驾驶的误操作引起的对接不准、高设备损耗等问题，在改善一线员工作业环境的同时，实现减人增效。



矿用宽体车和挖机精准对位

● 5G 高精地图实时更新：无人驾驶精准导航适应恶劣路况

通过毫米波雷达、激光雷达、摄像头等车载终端，实时采集采装区、运输道路、排土区的动态变化的环境信息，并通过 5G 网络回传至云端控制平台，进行高精地图的动态更新。该场景基于高精地图信息数据，实现车辆在运输道路上的动态跟随、避障等系列功能，满足不同道路环境、恶劣天气环境下的运输需求。



基于高精地图实时更新的无人运输

● 5G 排土区精准停靠：异形排土场识别，实现智能均衡排土

在 5G 技术低时延特性的赋能下，终端定位设备将矿用宽体车位置与姿态数据实时传递到云端，同时动态变化的挡墙数据也实时传递到云端。云端智能算法平台实时分析数据后精准下发车辆停靠位置和姿态的指令信息，实现宽体车的自动精准停靠以及在排土区的智能均衡排土等功能，保障排土区无人驾驶的安全。



排土区精准停靠

● 5G 车辆智能调度：云控调度平台下的智能调度

依托 5G 网络将车载传感器的实时位置、告警故障等信息实时传递到云控调度平台，云控调度平台统一对车辆进行调度，并通过高可靠的 5G 网络下发调度指令，实现车辆的智能管理与调度。该场景下，云控调度平台通过 5G 网络可以完成多台车辆的智能调度与监控，降低调度人员现场

作业需求，实现矿区运输作业的降本增效。



车辆智能调度

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例主要取得以下经济效益：**一是提升无人化水平。**装运排核心环节生产无人化率大于 80%，大幅降低现场人员作业风险，避免因安全事故造成矿山降产、停产等大额经济损失；**二是降低人力成本。**无人驾驶运输大幅节省换班时长，实现 24 小时全连续不停歇作业。每车节约人工成本 40 万/年；**三是提升投资收益。**与传统驾驶方式比较，无人驾驶综合投资回报可提升 20%。未来部署电动无人矿卡后，电能替代燃油，还可获得更高收益，能耗成本可降低 80%（84 万/车/年），投资回报提升 20%。

（二） 环境和社会效益

该案例通过技术创新解决当前矿山运输生产中存在的痛点问题，为行业变革和规模复制推广树立标杆，并带来系列收益：**一是响应国家智能矿山建设要求，促进露天煤**

矿产业升级换代。通过打造领先的露天煤矿无人驾驶系统，提升露天煤矿生产工艺的技术先进性，助力煤矿运输自动化和精细化管理；**二是**运输作业无人化，助力安全生产。通过大幅度减少作业现场人员，降低事故隐患，规避事故带来停工停产损失。同时免除粉尘、噪声、振动等工作环境对人体的伤害，减轻煤矿工人的职业病风险。

六、 案例典型经验和推广前景

绝大部分露天矿山多采用间断开采工艺和半连续开采工艺，这两种工艺场景下，运输成本在整体开采成本中占比较高，场景智能化改进价值高。该案例基于 5G 的无人驾驶应用采用了典型的间断开采工艺，积累的经验可以推广到同类开采工艺矿山中。同时，露天煤矿开采技术工艺不仅应用于煤矿行业，在铁矿、有色金属、水泥石灰岩等行业也有非常广泛的应用。当前在疆纳成功应用的无人驾驶系统具备在同行业以及其它行业复制推广的基础。

近些年，国家对矿产资源综合利用、环境保护、开采工艺、技术装备、安全管理等方面的要求越来越完善。大力发展露天矿无人运输乃至无人开采技术，以此革新露天矿开采模式、减少作业人员、提高生产效率和安全性，是当前我国露天矿开采的必然选择和必经之路。总体看来，从国家政策到产业趋势，从开采技术工艺到技术成熟度，疆纳矿业 5G+无人驾驶系统都有着较好的推广前景。

17 山西新元煤矿：5G 网络技术应用与研究

一、 案例概览

所在地市：山西省晋中市

参与单位：潞安化工集团山西新元煤炭有限责任公司、华为技术有限公司

技术特点：利用 5G 远程操作综采设备减少井下作业人员，提高煤矿安全生产水平；利用 5G+机器人巡检减少机电硐室现场人员，降低煤矿安全隐患；利用 5G+超高清视频监控减少井下违规操作，降低事故风险

应用成效：通过在机电固定硐室、采掘工作面试验应用巡检机器人以及远程操控等应用减少固定岗位 20 人，降低人工成本约 300 万元/年；通过高清设备运行状态监控和设备健康状态分析，降低设备故障率 15%，节省设备修理费用约 200 万元/年；通过内部通讯线缆无线替代，全矿井减少上万条通讯线缆维护，总成本减少约 100 万/年

二、 案例基本情况

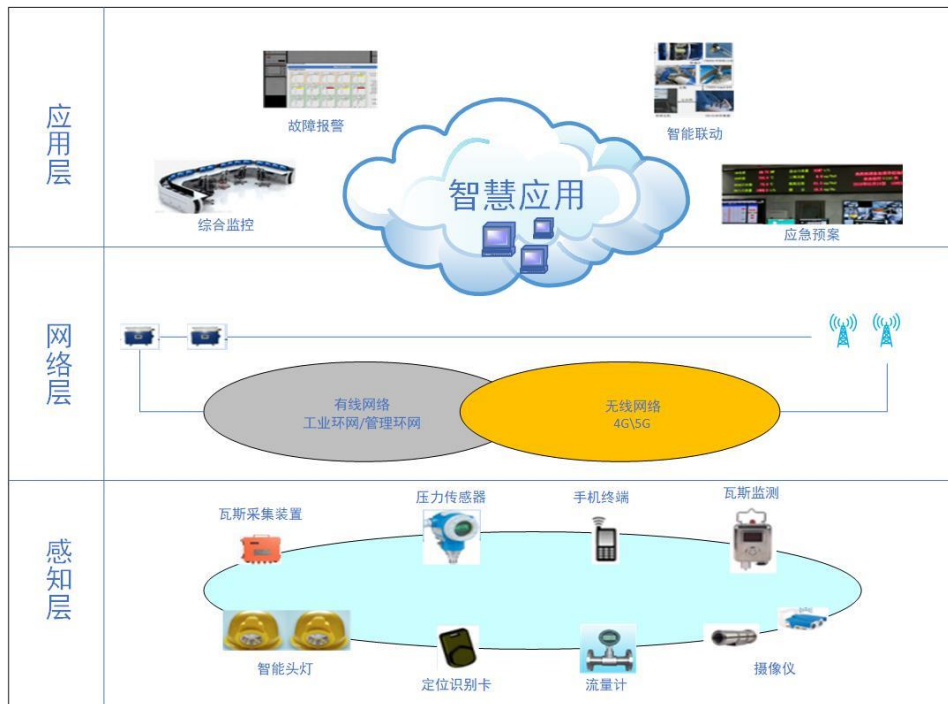
山西新元煤炭有限责任公司隶属于潞安化工集团有限公司，位于山西省晋中市寿阳县朝阳镇草沟村境内，属于煤与瓦斯突出矿井。矿井采用斜井开拓方式和倾斜长壁式、走向长壁式综合机械化采煤，无轨胶轮车辅助运输。

近年来，国家要求加快推进煤矿智能化发展，然而煤矿实现智能化落地仍面临一些难题：**一是**煤矿井下开采环境恶劣，瓦斯、粉尘等易引发安全事故；**二是**综采、掘进环节需人工井下作业，作业危险性较高、工作强度大；**三是**传统有线、无线网络在时延、速率、可靠性等方面无法满足智能化煤矿业务需求，建设运维工作量大。为了解决传统煤矿行业痛点，新元煤矿联合华为开展 5G 智慧煤矿整

体解决方案探索，助力煤矿实现少人化、智能化生产。

三、 案例技术路线

为满足矿山智能化转型对无线网络的应用需求，本案例解决方案采用三层实现架构，分别为感知层、网络层、应用层。其中感知层通过采集现场设备、环境、员工等信息，进行协同处理和智能组网。作为整个系统的终端，感知层要具备工业现场总线、4G/5G、蓝牙、Zigbee 等网络传输接口，将现场各类传感器、摄像机、定位识别卡、矿灯等设备信息及时准确上传至网络层；网络层对采集到的感知信息进行实时远程传输，实现信息的交互共享，并进行各种有效的处理。依托无线和有线网络传输方式，支撑实现感知层数据的存储、查询、分析、挖掘、理解及基于感知数据决策和行为；应用层利用经过分析处理的感知数据为管理者提供丰富的特定服务和决策依据，通过将矿井所有信息充分融合，实现综合监控、智能联动、设备故障预警、应急预案等融合应用落地。



煤矿 5G 网络技术解决方案总体架构

四、 案例应用场景

● 5G+智能化综采工作面：改善作业环境

通过在“3411”工作面覆盖 5G 网络，工作面集成的设备数据依托 5G 网络上传至地面控制中心，实现地面对工作面采煤机、液压支架、三机等设备的远程控制，以及工作面视频的回传显示。该场景可显著改善一线工作人员作业环境，降低高危、高湿环境对身体健康的影响，提升员工幸福感。



5G+智能化综采工作面

● **5G 物联网井下应用：实时采集井下环境数据**

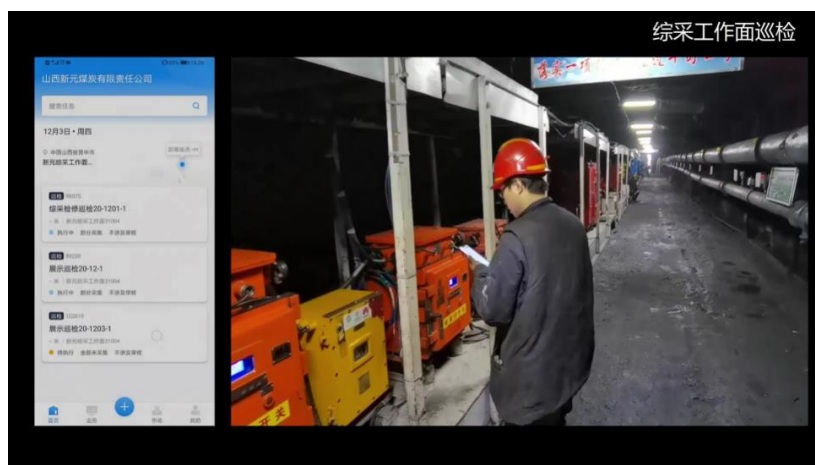
井下巷道覆盖 5G 网络，并安装集成 NB 物联网模组的顶板动态监测装置，甲烷、风向、风速等传感器采集的实时信息借助 5G 网络上传至指挥中心。指挥中心工作人员可通过大屏幕实时监测井下设备状态及环境信息，一旦发现异常告警信息，则迅速进行处理，降低安全事故风险。该场景依托 5G 网络部署，解决了有线传感数据组网复杂、供电困难、数据传输易丢失等问题。



NB 物联网井下应用

● 5G+作业流程管控平台：作业流程可信、可视、可回溯

传统作业流程管控多依靠工作人员线下纸质记录形式，流程繁琐，误差率高。新型作业流程管控平台将信息录入由线下转至线上，并依托 5G 网络上传至中心云平台，实现现场作业安全、施工质量、工程验收等数据的全流程管控，如电氧焊，贯通闭墙，设备巡检、登高等作业。当前该场景已应用于井下泵房、配电室、工作面等多个场景，基本实现可信、可视、可回溯的作业流程管控，大幅减少工作人员一线作业需求，提升信息管控效率。



作业流程管控平台应用

● 5G+巡检机器人：固定岗位无人巡检

在井下 9#煤中央配电室和西区皮带巷安装巡检机器人，机器人搭载 5G 模组，通过 5G 网络实现监控视频、红外监测、环境参数等信息的实时传输以及控制，实现井下固定岗位的无人巡检。



巡检机器人

● 5G 视频 AI 智能识别：提升生产安全水平

井下安装 5G+4K 超清摄像头，监控视频通过 5G 网络上
传至人工智能分析预警系统。在地面 MEP 部署视频分析软
件，实现人员不戴安全帽、挥手、摔倒等危险行为识别，
以及皮带跑偏、异物等作业现场异常场景识别。



视频 AI 智能识别

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

案例取得以下三方面的经济效益：**一是减人提效**。通
过在机电固定硐室、采掘工作面分别落地部署巡检机器人
和远程操控等应用，减少固定岗位人员 20 人，降低人工成

本约 300 万元/年；**二是**降低事故率。通过智能视频对设备运行状态监控和健康状态分析，设备故障率降低 15%，节省设备修理费用约 200 万元/年；**三是**节省材料成本。统计液压支架电液控制系统内部通讯线缆 2000 余根，5G 无线替代后，全矿井可减少几千条通讯线缆维护，总成本减少约 100 万/年。

（二）环境和社会效益

新元公司作为全国 5G 智能煤矿先驱单位，依托该案例研发了“矿用 5G 基站”、“煤矿 5G 行业虚拟专网架构”、“超千兆上行 5G 功能”、“矿用 5G 终端”等多种 5G 新产品、新技术，部署了煤矿园区井上、井下一体化 5G 行业虚拟专网，落地了煤矿井下 5G+综采面控制、5G+巡检机器人、5G+井上井下协同等多项 5G+智能煤矿应用，验证了 5G 智能煤矿井下行业虚拟专网的技术可行性。

该案例的成功落地为行业打造了 5G 智能煤矿应用的样板房，引发了国内外的广泛关注，推动了 5G 智能煤矿产业的快速发展。该案例先后参加了 2020 年 5G+煤矿智能化高峰论坛”、“工信部 2021 全球工业互联网大会”、“2021 工业互联网大会-“5G+工业互联网”融合发展高端论坛”等行业论坛。同时，作为典型案例入选了《5G+煤矿智能化白皮书》、《山西省煤矿智能化建设指导手册》、《5G 扬帆远航-5G 融合应用实践精编》等书籍。

六、 案例典型经验和推广前景

新元公司针对煤矿现有复杂多样的环境，依托先进 5G 通讯技术，在井下打造了类型丰富的物联网连接新模式，形成多样化的应用切入，更好的满足矿井机械化、自动化、信息化和智能化开采需求。通过建设井下 5G 无线通讯网络，实现井上、井下的无缝对接。通过搭建集音频、视频、数据为一体的“人、机、物”移动物联网平台，助力实现无人员失误、无机器故障、无系统缺陷、无管理漏洞的人、机、矿高度融合的矿山安全目标。该案例为煤矿安全生产和高效决策提供有力技术保障，为煤矿智能化开采提供安全可行的解决方案，助推智能煤矿建设。

18 河南平宝煤业：煤矿开采全流程业务互联

一、 案例概览

所在地市：河南省许昌市

参与单位：河南平宝煤业有限公司、中国联合网络通信有限公司平顶山市分公司

技术特点：利用 5G 无线网络解决井下人员通信、传感器信息采集、移动视频监控等场景的高速传输难题；利用 5G 低时延特性实现煤矿机器人智能巡检、电机车智能驾驶、远程智能开采等场景；基于 5G 融合网络构建 5G+工业互联网综合管控平台，实现煤矿开采全流程业务互联、融合共享和综合管控

应用成效：基于 5G 融合网络的智能系统应用，降低人员成本，提升管理水平，做到减员不减产，现场作业人员减少 30%，全年直接经济效益提升 20%

二、案例基本情况

河南平宝煤业有限公司位于许昌市襄城县，由中国平煤神马与宝武集团共同出资组建，矿井井田面积 27 平方公里，可采储量 3.08 亿吨，设计生产能力 240 万吨/年，服务年限 61.7 年。近些年，公司积极响应国家号召，大力开展智能化煤矿建设，通过在矿井建设过程中引进先进技术装备实现多项突破，并于 2020 年 12 月入选国家首批智能化示范煤矿建设单位。

在推进智能化建设发展的过程中，平宝公司存在着煤矿行业常见的痛点问题：**一是**井下现场环境相对复杂，移动设备多、有线接入维护困难；**二是**现场通讯方式单一、故障处理效率低、远程控制效果差；**三是**危险区域减员难，瓦斯、煤尘等时刻威胁着矿工的生命安全；**四是**数据孤立，环境监测信息、大型设备运行数据缺乏可靠高效的数据采集和信息交互系统。为解决上述痛点，平宝公司与联通以满足当前及未来智能化煤矿建设需求为出发点，以解决煤矿长期存在的安全生产信息监测不足、传递时效性和准确性低等问题为目标，大力推进井下煤矿少人化、无人化、智能化建设。

三、案例技术路线

本案例解决方案包含终端、网络、应用、平台四部分：其中终端部分监测、生产、人员等多类终端通过 CPE 接入

井下关键生产系统；网络部分通过在井下部署矿用隔爆兼本安型 5G 基站，完成井下运输大巷、变电所、采煤、掘进工作面等区域 5G 网络覆盖。同时，结合矿井大上行传输需求，进行速率时隙配比优化，配合天线定向覆盖模式，保证井下覆盖效果最优；应用部分依托终端和网络支撑实现 5G+电机车智能驾驶、5G+巡检机器人、5G+远程控制、5G+视频通话、5G+AR 远程协作等场景应用；平台部分通过部署 MEC 平台实现边缘计算和数据分流，保障信息安全，支撑分析决策、自动化生产等各类综合管控。



整体解决方案示意图

四、 案例应用场景

● 5G+智能采煤：实现少人化远程透明开采

采煤工作面是煤矿生产中设备最多、环境最恶劣、工作最复杂的场景之一。该场景下，工作人员在 800 米井下可随时通过 5G 防爆手机与地面进行连线，视频监控数据、监

测传感信息、远程控制指令依托 5G 网络以超低时延回传至井上集控中心。管理人员站在大屏前查看采煤现场各类工况数据，在集控台上点击按钮，即可启动采煤机、运输机、转载机等设备。该场景改变了传统采煤作业方式，基本实现透明化生产，现场作业人员由 25 人降低到 5 至 8 人，安全水平大幅提升。



5G+智能化采煤工作面

● 5G+智能掘进：实现盾构机远程快速掘进

全断面隧道掘进机（TBM）常用于煤矿岩石巷道掘进，可支持自动化、远程化操作。巷道内环境恶劣，常规组网模式存在通信网络覆盖窄、成本高、不稳定、延迟高等短板，多源、海量、分散的掘进信息无法实现实时监控，影响远程控制效果。该场景在 TBM 主控箱内置或外置本安型 5G CPE，通过 5G 网络将雷达数据传输至设备列车和地面控制中心，实现 5G 高清视频回传和远程控制，降低人员投入，实现快速掘进。相较于传统煤矿掘进方式，进尺水平由 200 米提升至 510 米，效率提高近 2.6 倍。



TBM 5G 远程控制

● 5G+巡检机器人：实现固定场所无人值守

在矿井变电所、泵房等固定场所部署 5G 基站，巡检机器人通过内置 5G 模组接入网络。机器人采集的视频、气体、温湿度、噪声等海量传感器数据通过 5G 网络传输至地面管理平台，配合 AI 分析技术，对每个区域的指示灯、显示器、阀门、开关等状态参数进行记录、识别和分析，并生成巡检报告，一旦发现异常情况立即报警。目前，平宝公司累计投用煤矿巡检机器人 9 台，其中井上 4 台，井下 5 台，代替人工巡检实现了固定场所无人值守，减少现场人员 36 人。



5G+巡检机器人

● 5G+智能驾驶：实现井下电机车自动运行

车载系统通过覆盖整条大巷的 5G 网络上传和接收数据，操作人员只需在井上调度中心下发运输任务，机车随即按照预定路线规划开始行驶，无需司机跟车，运输全过程不需要任何人工干预。此外，通过智能驾驶管理平台，井上人员可对轨道道岔及信号灯状态、机车运行情况等进行全面管控，也可随时使用仿真操作台进行接管操作，实现井下电机车运输全过程信息化系统监控、调度和管理。目前，智能化电机车承担了-600 大巷近 2000 米区段运输任务，减少司机 20 余人，同时避免因疲劳、操作失误等引发的人为事故，实现安全管理、生产效率以及经济收益的多重提升。



5G+智能驾驶电机车

● 5G+视频通话：实现井上井下随时随地沟通协作

由于井下智能化系统复杂度较高，时常需要与厂家技术人员进行实时沟通，通过 5G 视频通讯，地面专家不用前

往现场即可第一视角获取现场画面及设备状态，指导井下人员施工作业，降低维护时间，提高生产效率。以公司 TBM 系统组装工程为例，由于系统复杂度极高，经常需要与厂家技术人员进行实时沟通，基于该场景整个系统安装工期由预期的 3 个月压减至 2 个月。



煤矿井下 5G 视频协作

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

案例构建了以 5G 融合网络为一体的煤矿网络体系，减少煤矿井下光缆电缆数量及设备数量，节约网络建设投资和后期运营维护成本。同时，通过构建一体化综合管控平台，提高生产效率。基于 5G 融合网络的智能系统应用，降低人员成本，提升管理水平，做到减员不减产，现场作业人员减少 30%，全年直接经济效益增提升 20%。据 2022 年统计数据，5G 系统建设年均经济效益 3580 余万元。

（二） 环境和社会效益

该案例依托 5G 通信技术实现少人化、无人化采矿，以

及车辆、作业设备的远程精确控制，大幅减少井下作业人员数量，尤其是危险区域作业人员数量，降低生产安全风险。该案例通过采用先进技术，满足未来智能矿山的发展需求，解决智能矿山安全生产信息化、智能化管理的关键技术问题，为煤矿安全生产和智能矿山建设奠定坚实的基础。此外，该案例服务于 5G+智能矿山+大数据的国家战略，改善和提升煤矿的整体形象，具有良好的社会效益。

六、 案例典型经验和推广前景

采矿业智能化改造市场空间广阔，是 5G 业务发展的蓝海。安全与少人/无人生产是政策指导的两大发展方向，5G 智慧矿山的推广势在必行。从国家政策看，2022 年全国采掘智能化工作面要达到 1000 个以上，智能化的矿井产能要达到 10 亿吨以上。从地方政策看，各地都明确了煤矿智能化建设标准和时间。该项目采用融资租赁的商业形式，平宝公司按周期支付服务费用，运营商提供运维支持，具有模式简便、时效性强、节约时间及维护成本低等优点。同时通过成立联合试验室，自主研发防爆本安 4G/5G 多模基站、5G 摄像机等矿用设备，不断提高系统可用性，相关产品已在平宝公司内部及平顶山其他矿井部署推广。

19 新疆玛纳斯天欣煤业：5G+智能矿山应用案例

一、案例概览

所在地市：新疆昌吉州玛纳斯县

参与单位：中国移动通信集团新疆有限公司、南京北路智控科技股份有限公司

技术特点：利用 5G 解决矿山辅助运输方式多样、多头管理、人才匮乏难题，实现地面调度室远控，提升辅运效率和安全舒适性；利用 5G+GIS 融合调度通讯技术实现多网多系统语音互通、数据高速共享、统一可视化调度指挥，提升矿山综合调度效率

应用成效：减少 2 个班次工作人员共 6 人，巡检工作人员缩减至 2 人，单项节约成本 80 万元/年，综合减员增效经济效益可达 200-300 万元/年

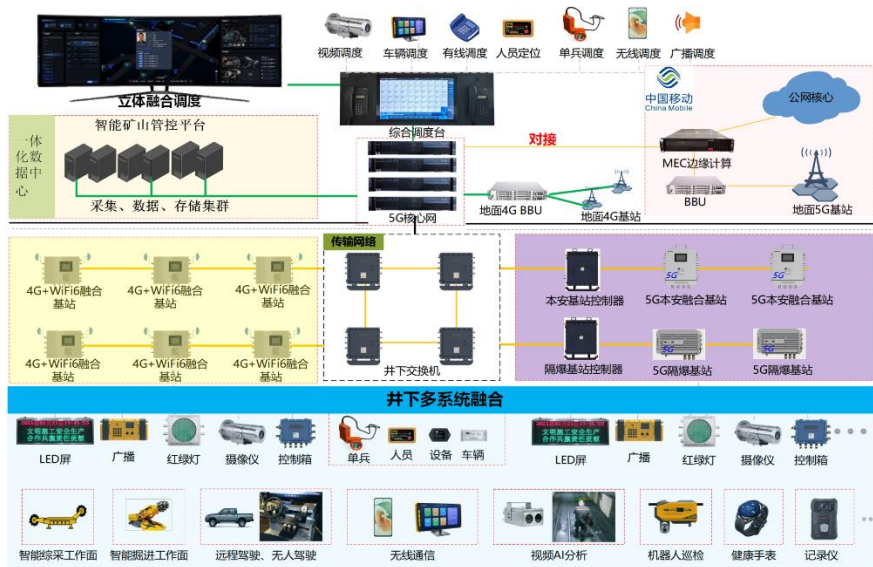
二、案例基本情况

玛纳斯县天欣煤业有限公司（简称“天欣煤业”）是新疆心连心能源化工有限公司的全资子公司，位于玛纳斯县城南 75km 小白杨沟矿区，年产能 90 万吨，被列入“自治区”煤炭工业十三五规划。

近年来，为满足新疆区域用煤需求，以及区域上下游产业链协同需求，天欣煤矿以建设“新疆一流现代化煤矿”为目标，对煤矿生产建设和管理进行改革和优化，建设过程中存在高端技术人员匮乏、吨煤成本高、管理效率提升慢等问题。为有效缓解上述问题，天欣煤矿依托国家政策规划和地方政府指导，建设基于 5G+融合信息传输网络的智能矿山管控平台，通过反向赋能实现智能矿山智能化管理与少人化运营。

三、 案例技术路线

该案例以 5G 网络为基础实现数据传输，通过建设超融合大数据中心、3D+智能矿山管控一体化平台实现灾害预警预测与业务协同联控。网络侧依托双频（700M+2.6G）SA 5G+4G+WiFi6 混合组网方式实现人员精准定位、IP 应急广播、井下辅助运输通讯以及调度等多个系统的底层融合。通过低功耗、远距离覆盖的 5G 本安融合基站实现矿区信号的大范围覆盖；平台侧通过一体化管控平台实现矿山多个子系统的联合联控、矿山灾害的综合预测预警，支撑综合辅助运输的高效管理、5G+AI分析智能监管、现场执法联动等多项应用落地，保障矿山各生产环节安全运转，提升煤矿自动化、信息化、智能化水平。



3D+智能矿山建设方案

四、 案例应用场景

- 5G+远程辅助驾驶：解决辅助运输多样化管理

天欣煤矿因地形复杂采用了电机车、卡轨车、单轨吊、无极绳、猴车等多个辅助运输系统，存在找车难、喊话难、跟车难、违规管理难、人员劳动强度大等问题。通过5G+车辆精准定位、调度通信、5G+AI视频分析、5G+远程辅助驾驶等先进技术手段联动，实现地面调度室远控，提升辅运效率和安全舒适性，降低司机、跟车工等一线工作人员劳动强度，助力车辆运输向少人化、无人化迈进。



5G+远程辅助驾驶

● 5G+智能 GIS 立体调度指挥：提升调度效率

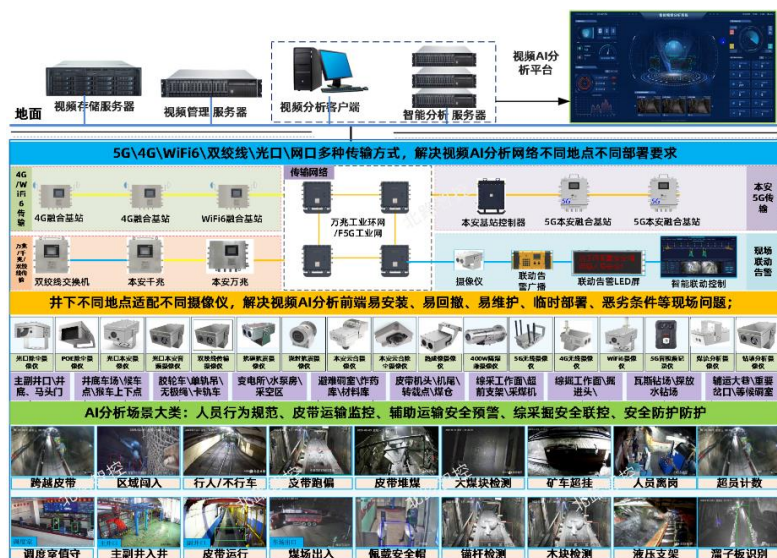
该场景利用 4G+WiFi6 实现井下全覆盖，利用 700M+2.6G 双频基站实现井下局部覆盖。井下区域 5G+4G+WiFi6 融合通讯方式为高清视频回传、低时延数据实时传输提供可能，一个矿井 GIS 图上即可实现通讯、人员管理、智能单兵、车辆调度和管理等功能，极大提升调度效率，减少系统间的孤岛效应，降低调度管理成本。



5G+智能 GIS 立体调度指挥

● 5G+智能 AI 分析与现场执法联动：保障安全运转

该场景建设了基于 AI 视频分析的决策中心，通过采集地面、井下超高清实时视频资源实现矿井生产运营过程 24 小时自动监管和现场执法联动。同时，通过边缘分析盒子，实现皮带沿线跑偏、堆煤、跌落煤仓、跨越皮带等不安全行为检测，支持现场分析、现场预警、现场联控控制等功能。该场景通过 AI 边缘化分析和联控，实现各生产环节安全运转，全天候保障生产全过程。



5G+智能 AI 分析框架图

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

本案例采用 5G+智能矿山整体架构设计，依托大容量通信和智能化管控，实现高速数据通信与智能化控制。智能化矿山建设大幅提升生产效率，减轻职工劳动强度，增强安全保障能力。如 5G+辅助运输系统，总计减少 2 个班次工作人员 6 人，巡检工人缩减至 2 人，单项节约成本 80 万元/年，整个 5G+智能矿山项目综合经济效益可达 200-300 万元/年。

（二） 环境和社会效益

天欣煤业矿山所处区域偏远，海拔相对较高，人员招聘较为困难，人力成本高。通过智能化建设，实现少人甚至无人值守、增产增效、减人提效，为偏远地区煤矿企业提升经济效益、管理水平以及安全程度提供了智能化参考，助推矿井高质量发展。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例实现 5G 经济性与高性能指标共存，降低了对建设资金的要求，符合当前和未来煤矿智能化发展要求，是未来煤矿 5G 融合通信网络发展趋势。同时，利用 5G+智能矿山应用，反向赋能矿山自动化子系统，达到减员增效、提升效率、增加作业舒适性等效果，对于偏远区域煤矿有较高的实用推广意义。

四、智能油气+5G

20 华润燃气：5G 智慧巡检保障燃气安全生产

一、案例概览

所在地市：广东省惠州市

参与单位：华润燃气投资（中国）有限公司、润智科技有限公司、惠州大亚湾华润燃气有限公司、中国移动通信集团广东有限公司深圳分公司

技术特点：利用 AI+智能安防算法，实现周界报警、行为识别、安全装备识别、卸车安全监控等功能；利用 5G+AI、无人机、智慧天眼等技术，提供天地一体全覆盖、高精度的管网智能巡检方案；利用 5G+车载指挥系统、北斗高精度定位、AI 边缘计算，提升应急处置效率；利用 5G+数字孪生技术，提高管理、防护等效率

应用成效：5G 无人值守场站，实现安全运行管控率提升 60%；管网安全隐患降低 70%，单城市燃气公司管网巡检人员减少 5 人以上；人工检查工作量降低 40%；应急抢修效率提升 70%

二、案例基本情况

华润燃气是中国最大的城市燃气运营商之一，拥有 266 家成员企业，高中低压管网 16.8 万公里，服务家庭用户约 5000 万户，年销气量 340 亿方。惠州大亚湾华润燃气有限公司（简称“大亚湾华润燃气”）成立于 2008 年，已投入运营管网 580 公里，服务居民用户 20 万户，工商用户 300+户，年销气量约 5600 万方。大亚湾华润燃气 2016 年投入运行的天然气综合场站，获评集团“六星级标杆站点”。

近些年随着国家“煤改气”、“双碳”等政策支持，天

然气行业得到了高速的发展，但在数字化转型过程中仍面临以下两个问题：**一是**由于老旧管网泄漏、第三方破坏、户内燃气破损等各种原因，导致燃气安全事故频发；**二是**传统燃气公司依托人力进行挨家挨户安检、每公里管网巡检、单场站人工值守等方式保障安全，效率低、成本高、且未能达到理想效果。为解决上述问题，华润燃气联合中移动等企业开展“5G+智慧燃气”建设，以提升全国燃气行业运营管理的智能化水平和安全管控水平，保障员工人身安全。

三、 案例技术路线

该案例借助 5G 技术大带宽、低时延、广连接以及 MEC 下沉数据不出园区的特性，依托网络切片构建局域专网专用和广域公网公用相结合的 5G 燃气行业虚拟专网，满足燃气多样化关键业务需求及数据安全需求。本案例采用“云网边端”的设计方案，“端”侧指 5G 智能硬件，包括应用于场站内的 5G 无人值守机器人、5G AI 摄像头、5G 防爆终端以及应用于场站内外的 5G 网联无人机、5G 应急指挥车、5G AR 远程指导终端等；“边”侧部署具备边缘计算能力的华为 Atlas 智能小站，为相关应用提供本地化数据处理能力；“网”侧基于运营商 5G 网络连接，通过网络切片满足终端差异化接入需求，专享 UPF 下沉保障数据与公网隔离；“云”侧打造一批云化的创新智能化平台，部署 IOC 综合管理平台、

场站管理 APP、5G 专网自服务平台等。



基于 5G 网络云边端协同架构

四、 案例应用场景

● 5G 智能化场站：实现安全及高效的 5G 无人值守

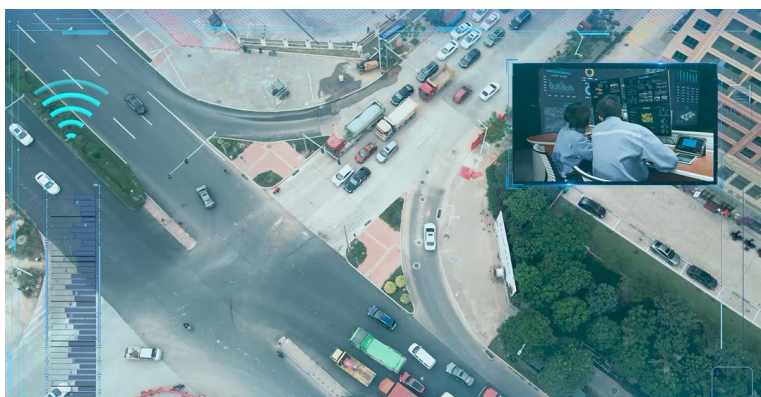
常规场站工作人员需要每天定时巡检 12 次，每人每天检测 600 个仪表点位，一人同时负责 16 个视频监控画面。5G 增强型无人值守燃气场站可通过 AI 智能安防算法，实现周界报警、行为识别、安全装备识别、卸车安全监控等功能。通过 5G+巡检机器人支撑自动抄表，实现 24 小时不间断自动泄露检测、无盲区自动巡查、场站接待、机器人随工作业等功能；通过 5G+数字孪生建模，实现场站全局动态可视，形成安全高效的 5G 无人值守场站，安全运行管控率提升 60%。



5G 无人值守场站

● 5G 智能管网巡检：实现天地一体全域感知

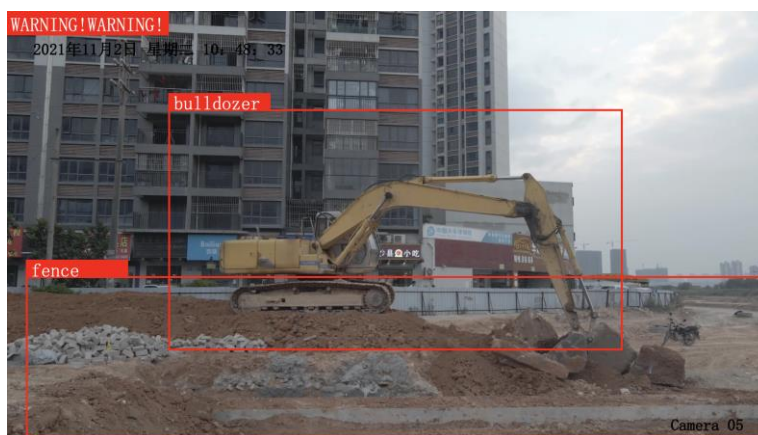
燃气公司需配备数十名专职巡检人员，根据不同巡检内容按天、月、年定期巡检数万个管网设备。该场景在现有管网巡检及安全管理模式相结合的基础上，利用 5G 网络结合 AI、无人机、智慧天眼等技术增强巡检手段，不断完善管网全域全息感知能力，支撑天地一体全覆盖、高精度管网智能巡检等融合业务，从隐患被动发现到主动监测，管网安全隐患降低 70%，单城市燃气公司管网巡检人员减少 5 人以上。



5G 无人机增强管网智能巡检

● 5G 智慧工程质量监测：为工地管理安上数字化眼睛

燃气行业工程施工质量及规范性对整体管网安全运行影响较大，传统方式依靠人工判断，效率低下。该场景通过采用按需灵活部署的 5G 移动球机及移动终端，依托 5G 大带宽及低时延特性，将现场作业行为管控的高清画面实时回传到调度运营指挥中心，结合工程质量监测算法做出辅助决策判断。该场景有效提升第三方施工安全管理，使人工检查工作量降低 40%。



5G 工地自动施工监护

● 5G 应急指挥联动：实现可视、多级联动一体化应急指挥

该场景打造基于 5G 协同的多功能指挥车，通过集成车载指挥系统、5G 无人机、5G 智能安全帽、北斗高精度定位、AI 边缘计算等各类智能化设备，构建前、后端互动的应急指挥管理体系，实现跨区域联动，第一时间迅速反映事件现场的实际情况，打通调度、抢修信息流，提升应急处置效率，应急抢修效率提升 70%。



5G 应急指挥车

● 5G 智慧运营调度：实现智能调度全局可视

燃气场站的各类数据分散在各个环节，形成数据孤岛。该场景基于 5G 燃气行业虚拟专网，结合城市数字孪生技术，构建IOC一体化智慧运行管理中心，为区域一体化运营提供管理工具。此外，通过覆盖区域运营概览、智慧场站、智慧运行、智慧客服、应急响应等板块，打造区域运营智能驾驶舱，实现管理效率、安全防护和合作效率的有效提升。



燃气场站数字孪生模型

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例基于燃气行业 5G 虚拟专网构建了可同时管理多个智慧燃气场站的调度指挥中心。通过在燃气场站内部署 5G 值守抄表巡检机器人，实现场站内 24 小时不间断无盲区巡检、自动泄露检测、智能抄表等业务。此外，该案例基于燃气行业行为监控 AI 算法，实现安全隐患实时告警，目前单个场站维护人员数量减少 40%。在燃气场站外基于 5G 网联无人机、移动 AI 球机、5G 应急指挥车等终端应用，实现危险秒级告警、抢险全程实时可控，实现安全隐患降低 70%，险情处置效率提升 60%。

（二） 环境和社会效益

该案例在燃气行业原有的信息化建设基础上进一步丰富智能化场景，有效排除燃气安全隐患，确保燃气管网安全运行，提升生产效率，降低人员投入，提升企业的燃气供给服务能力以及人民群众满意度。通过逐步积累实践经验，构建了更加稳定、高效的城镇燃气供应体系，为行业挖掘更多的智能化管控手段，也为行业标准制定奠定基础，在燃气行业具有一定的先行示范效应。

六、 案例典型经验和推广前景

我国城市燃气的市场规模总体保持稳定的增长态势，据中国城市燃气协会的统计，我国城镇燃气管网市场规模

已突破 600 亿元，城镇燃气管网里程已超过 70 万公里，燃气普及率超过 97.29%，全国天然气消费量超过 2373 亿立方米。当前我国约有 1.2 亿台在线运行的燃气表，其中智能燃气表 3000-4000 万台，市场渗透率占燃气家庭 40%左右，燃气场站数超过 12000 个。华润燃气在全国 25 个省市自治区设立了 266 家燃气公司、2400 余个燃气场站，但是无人值守场站占比却不到 20%，智慧场站占比不到 1%。过去 5 年智能燃气表产量以 20%左右的速度快速增长，各大集团的智慧燃气投资也逐年递增，城市燃气的智能化改造具有广阔的市场需求。

该案例具有普遍推广和应用价值。由于不同公司经营区域、企业规模、盈利情况具有差异，网络全覆盖的方案在后续推广中投入较大，增加了推广难度。为解决上述问题，该案例将 5G 融合应用场景分解形成若干个独立子方案，如 5G+单无人值守场站、5G+高清摄像头、5G+行业作业管控、5G+传感器信息采集等单场景方案，可支持按需定制、分级分类部署，促进了 5G 在燃气行业的复制及推广。

21 国家管网：基于 5G 的“工业互联网+安全生产”应用

一、案例概览

所在地市：广东省深圳市

参与单位：国家石油天然气管网集团有限公司, 国家石油天然气管网集团有限公司液化天然气接收站管理分公司, 国家管网集团深圳天然气有限公司, 中国移动通信集团有限公司, 中国移动通信集团广东有限公司深圳分公司

技术特点：通过 5G+挂轨机器人实现槽车作业区 24 小时不间断智能监管，实时发现安全隐患；通过 5G+移动布控球、巡检机器人和网联无人机，实现生产安全作业随时随地监管，提升险情处置效率，减少人身伤害；通过 5G+安全作业管理平台实现作业无纸化，缩短作业审批时间，提升作业效率；通过 5G+“无接触”卸船，提升外籍船舶接卸效率，降低疫情感染风险

应用成效：LNG 接收站风险感知率提升 70%、事故发生率降低 50%；大幅降低员工劳动强度，人员需求减少 30%；工作效率提升 50%，疫情感染概率降低 100%

二、案例基本情况

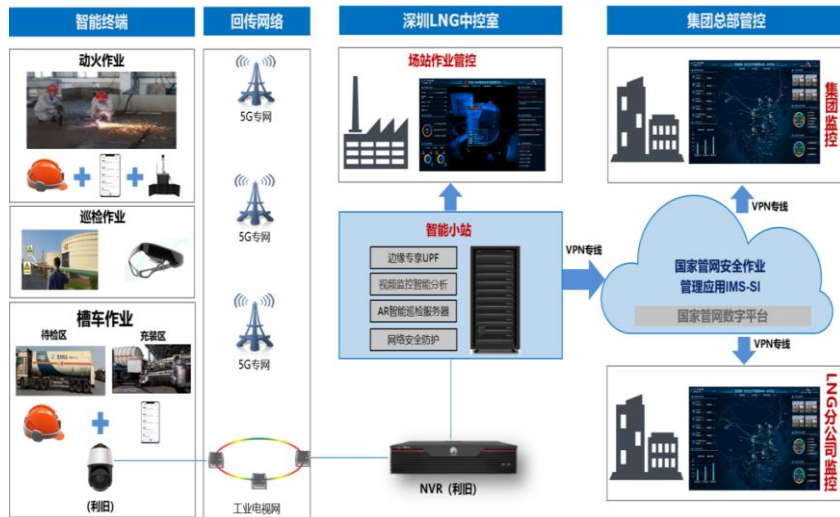
国家管网集团是位居全国前列的 LNG 接收站运营商，也是国资委监管的国有重要骨干企业，主要从事油气干线管网及储气调峰等基础设施的投资建设和运营，负责干线管网互联互通和社会管道联通，以及全国油气管网的运行调度。

LNG 接收站潜在液化天然气/天然气泄漏、火灾以及爆炸危险，一旦发生事故将造成人员和财产的极大损失。

LNG 接收站现场作业人员在执行作业过程中存在三大痛点：**一是**槽车区人多、车多，液化天然气泄漏风险大，人工监管难度高；**二是**园区规模大，人工巡检效率低，动火、吊装等危险作业监管难；**三是**线下纸质流程审批，作业流程执行不彻底。为解决上述痛点，国家管网集团坚决落实数字中国战略，联合中国移动在天然气危险作业区部署 5G 双域虚拟专网，落地十余项 5G 工业互联网+安全生产应用，有效提升 LNG 接收站本质安全水平和数字化能力。

三、 案例技术路线

该案例基于 5G 行业虚拟专网，通过将 5G 摄像机、5G 可穿戴设备、5G 智能防爆手机等各类 5G 终端设备的数据进行实时采集，实现对作业和巡检过程的实时视频监视和智能感知。该案例通过真实准确反映现场作业过程，及时完整地进行资料数字化归档，提高过程管控能力。该案例中 5G 网络的大带宽、低时延、大连接特性给予数字化技术更多赋能，对于 LNG 企业在生产、安全领域效率的提升效果将更为显著。

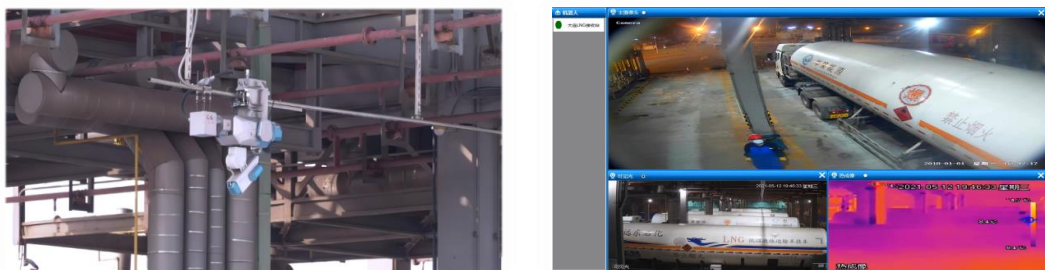


基于 5G 行业虚拟专网的“工业互联网+安全生产”部署模式

四、 案例应用场景

● 5G+挂轨机器人：让监管更全面

LNG 接收站的槽车区区域范围大，高峰期接头每天拆装 6000 多次，需 60 多人同时作业，泄漏风险大、人工监管难度高。该场景中挂轨机器人借助 5G 通信单元传输监控数据，以实现对接头区人、车的 360 度 24 小时不间断监控。依托实时识别各类风险，快速感知微小泄漏等能力，及时发现事故苗头，提升监管质量。



基于 5G 的挂轨机器人现场监管

● 5G+无人化巡检：保障员工更安全

LNG 园区动火等危险作业常出现不符合安全作业要求的违规情况，亟需全面、无死角监控。该场景通过部署移动布控球、巡检机器人以及网联无人机，代替人工巡检；通过 5G 行业虚拟专网实现巡检图像的实时回传及巡检设备的远程控制；结合人工智能算法，实现异常情况实时告警，实现巡检过程全记录，降低员工暴露高风险场所频次，大幅提升风险处置效率，降低事故发生概率，减少人身伤害几率。



基于 5G 的移动布控球、巡检机器人以及网联无人机实时巡检

● 5G+安全作业管理平台：让作业更合规

LNG 接收站站内动火、吊装等危险作业都需严格审批，传统方式为线下纸质流转，员工错填误填、资料归档难等问题频发。该场景借助 5G 双域虚拟专网，在安全作业管理

平台上可实现作业流程线上审批，审批时间从 2 小时缩短至 30 分钟。同时，该场景依托 5G 防爆智能手机实现实时查看现场作业，让作业更高效、更安全。



基于 5G 双域虚拟专网的现场作业

● 5G+ “无接触” 卸船：提升装卸效率，降低疫情风险

该场景通过 5G 网络高带宽特性，保障防爆移动布控球、海关 5G 查验设备能够实时回传高清画面，并且借助 5G 网络低时延特性，保障实时下发远程控制指令，实现操作人员和海关人员在不登轮、无接触的情况下完成外籍 LNG 船舶接卸和查验作业。该场景使卸船工作效率提升 50%，疫情感染概率降低 100%。



基于 5G 的远程控制和无人查船作业

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例大幅提升 LNG 接收站风险作业管控效率，风险感知率提升 70%、事故发生率降低 50%，降低人员劳动强度，减少有线施工 70%，单站年经济效益可达 400 万元。同时，该案例数字化、智能化建设可拉动配套行业约 1000 万元/单站。

（二） 环境和社会效益

该案例借助 5G 技术和智能 AI 应用，结合本地专属网络、便携智能终端，在实现数据共享的同时，大幅提升 LNG 接收站在作业安全领域的本质安全能力。该案例在工业互联网+安全生产领域具有先行示范作用，丰富现场智能化管控手段为接收站、站场的 5G 专网融合应用提供示范和借鉴。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例为油气、炼化、城燃等行业提供了风险作业管控的 5G 应用解决方案。在大规模实践验证后，形成行业标准、沉淀算法模型等成果，补充完善油气行业生产服务体系。同时，带动产业链向其他接收站、大型油气储存基地和化工园区推广，预计拉动产业上百亿投资。

22 广州石化：5G 赋能安全、绿色、智慧新石化

一、 案例概览

所在地市：广东省广州市

参与单位：中国石油化工股份有限公司广州分公司、中国电信股份有限公司广州分公司、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有限公司

技术特点：利用“5G+AI+高精度定位”技术实现现场作业安全智能监管；利用“5G+IoT+大数据”赋能 VOCs 监测预警溯源体系；利用“5G+大数据机器学习”实现智能生产异常实时监管；利用“5G+IoT”实现设备状态智能监测；利用“5G+AI”实现空地一体化无人机管线巡检；利用“5G+融合通讯”实现生产应急指挥高效联动

应用成效：签发作业票的时间缩短至 9 分钟以内，承包商有效作业时间从 4 小时提高至 6 小时；VOCs 监测项由 45 项扩大到 330 项、溯源准确率由 50%提升到 80%、厂界 VOCs 浓度较国家标准下降 20%；生产操作报警 10 分钟平均报警数量由 0.95 次/10 分降至 0.73 次/10 分、降幅达 22.5%，装置平均报警水平达到国际通用标准等级 3 以内；2300 台泵群设备实现在线监测，预测性维护占比超过 60%；管线上方巡检质量高且效率提升 10 倍，整体巡检工作效率提升 30%；警情通知由 30 分钟缩短至 3 分钟，提高企业风险防范和突发事件应急响应能力

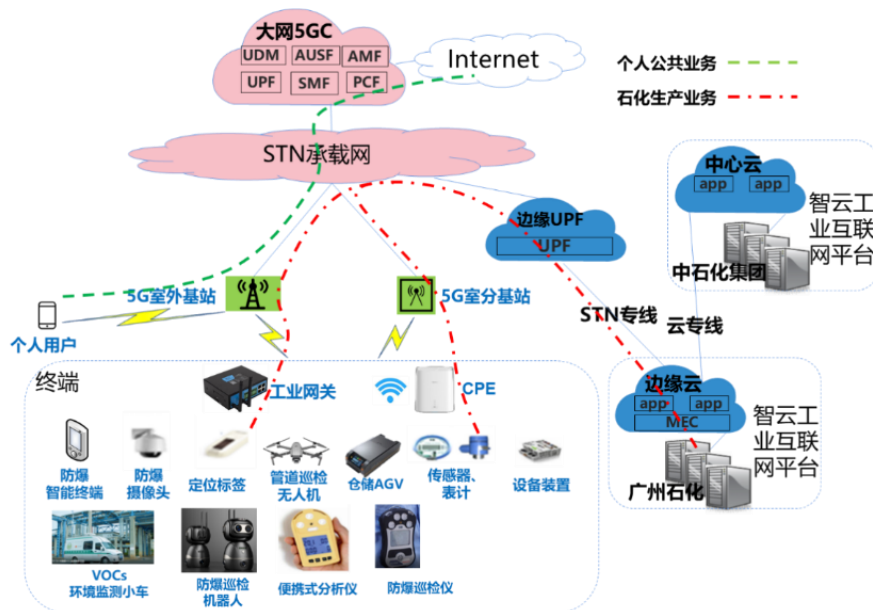
二、 案例基本情况

广州石化厂区占地面积 445 万平方米，主要生产装置 60 多套，是华南地区重要进口原油加工基地和国 VI 标准清洁燃料生产基地。现有原油综合加工能力 1275 万吨/年，乙烯生产能力 22 万吨/年，拥有惠州大亚湾 15 万吨级和 30 万吨级深水泊位原油码头各一个。

近年来，受到决策和运营痛点的制约，企业发展缓慢，主要表现在三个方面：**一是**本质安全方面，现场施工作业量较大，作业管控的全流程智能化不足；**二是**绿色环保方面，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；**三是**智慧生产方面，机泵设备状态监测、操作巡检、应急联动指挥及预警等方面智慧化程度不高。为解决以上痛点，广州石化利用 5G 网络的网络切片技术和大带宽、低时延、高精度定位等特性，结合人工智能、红外探测等技术，探索本质安全、绿色环保、智能高效的新型石化体系，以数字化转型赋能企业高质量发展，为行业树立标杆。

三、 案例技术路线

该案例在防爆区部署 5G 防爆微站，非防爆区部署 5G 宏站，通过建设逻辑隔离与物理隔离并存的 5G 虚拟专网实现厂区 5G 信号连续覆盖。该案例利用本地 UPF 进行用户数据本地卸载，保证数据不出厂区，支撑全量数据安全采集。该案例基于本地 MEC 节点部署的石化智云工业互联网平台，围绕石化业务发展需求，开展生产、设备、安全、环保、供应链等石化业务领域的 5G 应用部署，赋能 6 大业务域 15 个应用场景，利用 5G 云网底座，打造安全、绿色、智慧新广州石化。



5G 行业虚拟专网架构图

四、 案例应用场景

● 5G+AI+高精度定位：实现现场作业安全智能监管

该场景采用固定/移动式 5G 防爆摄像头、手持终端采集现场作业视频、图片，利用 AI 技术进行智能识别，并将现场施工作业不安全行为告警信息及时回传到现场。同时，该场景利用 5G、北斗+差分高精度定位技术，严格票证“四定”（指定点、定时、定单位、定人）管理，确保作业监理人员在规定的时、地点开票验票，强化现场安全监督。该场景可实现对施工现场 14 类不安全行为及脚手架搭建的全时段监管监测，作业风险识别率 95%以上、签发作业票的时间缩短至 9 分钟以内、承包商有效作业时间从 4 小时提高至 6 小时，基本实现现场作业流程智能管控，提升企业本质安全能力。



智慧作业监控大屏

● 5G+IoT+大数据：赋能 VOCs 监测预警溯源体系

该场景借助 5G+IoT 赋能“点、面、域”多维污染气体监测预警溯源体系，实现点监控（如 5G 物联网分布式实时在线监测）、面预警（如 5G 走航车检测+红外高光谱探查）和域决策（如多源多维大数据+AI 模型研判）。利用 5G 网络将厂区走航车上的 VOCs 监测数据实时传输到石化智云 VOCs 网格化管理平台，支持实时绘制 VOCs 三维地图，自动生成走航报告，监测项由 45 项扩大到 330 项、溯源准确率由 50%提升到 80%、厂界 VOCs 浓度较国家标准下降 20%。



5G+VOCs 监测溯源

● 5G+大数据机器学习：实现智能生产异常实时监管

该场景基于生产数据识别模型及规则，从生产动态、设备状态、安全环保、产品质量、视频等海量数据中侦测“不变预警”，借助 5G 网络实现对生产异常事件的智能监控，提早发现仪表失灵、阀位卡死等异常工况。该场景可实现异常消息的分级推送、在线趋势分析和异常处理，将事后应急、事中发现的传统管控模式转变为事前预测、主动应对的智能模式。10 分钟平均报警数量由 0.95 次降至 0.73 次，降幅达 22.5%；峰值报警由 69 次降至 37 次，降幅达 46.8%，报警扰动率由 2.88% 降至 2.5%、降幅达 13%。

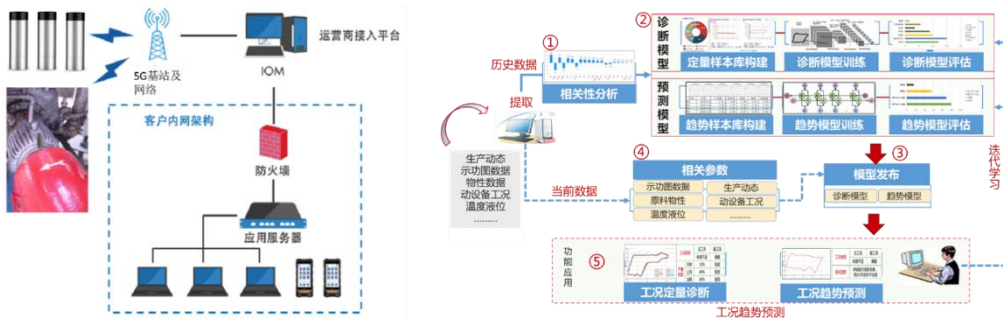


生产数据实时监督

● 5G+IoT：实现设备状态智能监测

该场景结合智能传感器与 IoT/5G 技术，将现场采集的数据传输到服务器进行实时的显示和分析，支撑设备特征参数提取和状态识别，以实现设备高频在线监测，推动设备运维由人工“点检定修”转变为“智能运维”。该场景可

有效避免因设备故障引起的非计划停机，减少关键机泵带病运行率，降低动设备故障检修率，使得设备运行状态整体安全受控，保障长周期安全生产。当前该场景已支持完成关键机泵故障自动预警超过 1500 次，现场检修超过 500 次，预测性维护占比超过 60%。



5G+设备状态智能监测

● 5G+AI：实现空地一体化无人机管线巡检

厂外巡检管线 9 公里，每天巡检 2 次，每次耗时 4 小时，遇到架空管线高位人工巡检，效率低、危险性高。该场景通过 5G+无人机将管线上方的情况实时传送到边缘节点，并进行 AI 在线分析，响应速度快、作业效率高、执行任务灵活，管线上方巡检质量高且效率提升 10 倍，整体巡检工作效率提升 30%，节省成本 100 万/年。



5G+无人机管线巡检

● 5G+融合通讯：实现生产应急指挥高效联动

该场景基于融合通信、5G 网络建立“现场-消防-应急指挥中心”三维一体应急指挥高效联动机制，实现事后处置向事前监控报警、事中快速响应转变。其中，事前自动监测支持秒级报警，事中电话报警支持秒级接警，此外还支持应急预案自动匹配、应急通知一键群呼、应急指挥大屏一键联动、应急物资、车辆、队伍、消防设施自动联动等功能。该场景助力警情通知由 30 分钟缩短至 3 分钟，极大提高企业风险防范和突发事件应急响应能力。



5G+融合通信平台

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例依托 5G+AI 融合技术助力现场作业监管模式转变。通过部署移动式 5G 摄像头，实时查看现场画面，辅以 AI 分析，实现由事中监管、事后追查到事前预防的转变。针对现场作业，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。

该案例基于 5G 高精度定位技术空地一体化管线联合巡检和超高清视频监控的行业解决方案，提供高可靠巡检质量，节省人工成本 100 万/年，按每年减少两次事故评估，预计可减少损失 500 万元/年。基于 5G+的智能生产异常实时监管，可减少加工损失，全年预计可减少损失 200 万元/年。此外，按每年避免两次非计划停车，该案例的落地预计可减少损失 500 万元/年。安全应急演练，有效提高操作人员对装置的操控能力和对安全事故的应急能力，减少安全事故的发生，可减少损失 300 万元/年。

（二） 环境和社会效益

该案例通过“点、面、域”多源融合立体监测预警溯源体系，实现环保预警次数同比 2020 年下降 10%，污染物排放总量同比 2020 下降 10%，达到提高企业清洁生产水平，减少环境污染，促进企地社区和谐发展关系，树立履行社会责任的企业形象，提升国内外竞争能力，支撑企业实施

节能减排、达标排放的科学决策。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例的典型经验包括两方面：**一是** 5G 定制产品的研发与落地，如 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 防爆终端，解决石化行业 5G 终端问题；**二是**行业解决方案及标准的研发，形成了 5G 在石油化工行业的专网部署，提供了一套支持 5G 与工业互联网融合应用的石油化工企业整体解决方案，形成石油化工行业构建 5G 融合应用标准以及 6 个典型场景的 5G+工业互联网融合应用。

广州石化作为广东石化产业“一体两翼”格局中的“一体”，发挥着中心作用，带动粤东、粤西“两翼”的发展。该案例的解决方案及产品通过 5G+等信息化手段进一步提高石化产业的安全系数及环保指标，在全省乃至全国范围内起到示范和标杆的作用，进而进行大规模推广与应用，市场前景良好。

根据公开资料整理，中国石油化工产业涉及 35 万家企业、11 万亿元行业收入、110 亿元数字化空间。此外，在政策推动下 90%企业已开展数字化工作，70%企业有专项预算，50%企业将其作为重大战略，案例推广市场空间较大。

23 深圳燃气：5G+智慧燃气数字赋能超大城市公共安全

一、案例概览

所在地市：广东省深圳市

参与单位：深圳市燃气集团股份有限公司、中国电信股份有限公司深圳分公司

技术特点：利用 5G 数字化升级应用场景，解决人工监管效率低、作业不规范、管网设备设施感知能力弱、用户服务体验差的问题；利用 5G+IoT/AI/BIM，实现燃气设备精细化管理与风险识别智能化决策

应用成效：5G+AI 视频监控已实现对场站 24 小时在线智能监管，巡查人数减少约 50%；5G+无人机巡检实现山地管线 1 天 1 巡，隐患发现及时率提高 8 倍；5G+管网监测实现重点供气设备 24h 在线监测；人均服务客户数增加 40.5%，天然气销售量增加 63%

二、案例基本情况

深圳市燃气集团股份有限公司（以下简称“深圳燃气”）是一家集城市燃气、燃气资源、综合能源和智慧服务为一体的上市企业，项目遍布 13 个省区、57 个城市，覆盖人口超 2000 万，是国内燃气行业科技创新领军企业和智慧运营先行者。

随着能源革命的持续深入和城镇化规模的持续扩张，燃气行业面临三大痛点：**一是**燃气管道规模急速增长，与严格的安全要求及规范监管之间存在矛盾；**二是**燃气行业生产运营产生的数据资产逐步增加，但当前运营与数据管理方式相对落后；**三是**用户数字化体验需求不断升级，但现有数字化系统支撑与服务能力较弱。为了有效应对燃气

行业日益严峻的安全运营压力，深圳燃气积极实施科技强安，推动 5G、AIoT、大数据、CIM、BIM 等新兴技术与城市燃气的深度融合，部署百万级智能终端，覆盖燃气从生产端、运营端、客户端到政府端的多场景 5G 应用，形成 5G+智慧燃气数字赋能超大城市公共安全整体解决方案。

三、 案例技术路线

该案例以城市燃气管网侧、场站侧、用户侧三大安全主体在运营领域的提质增效为目标，打造了一套 5G+智慧燃气解决方案。该案例方案总体可概括为“1+9+N”立体化升级方案，包含“1”个深燃大脑、“9”个运营场景、“N”类数据赋能城市公共安全。通过构建 5G 与 NB-IoT 全城一张网、燃气数字孪生管网全城一张图，实现 5G+无人机、机器人、AI 监控、压力及泄漏监测、移动作业终端、智能表具等超百万感知设备与燃气运营的深度融合应用，以“5G 信息流”支撑“燃气能源流”安全高效运行。



深圳燃气 5G+智慧燃气整体解决方案

四、 案例应用场景

该案例通过建设城市级燃气 5G 专网，打造智慧化管控平台，部署百万级感知设备，完成“云-网-边-端-景”整体建设，以实现深圳本地燃气运营全场景覆盖。

● 5G+智慧化平台：全城一张网、一张图，支撑数字化运营

该场景依托城市级燃气 5G 专网、智慧物联网平台，就近接入 5G 核心网，通过部署 MEC 实现多类应用场景 AI 分析，可提供超 500 万终端管理与接入承载能力。目前，该场景已实现超百万智能终端接入，有效提升了城市燃气运营的数字化监控水平。该场景还基于 CIM、BIM 技术构建覆盖深圳全域的燃气数字孪生管网，精准复刻深圳市三维燃气管线与重点场站设备设施，结合多维度的用户数据分析能力，实现立体式“一屏感知全局”的燃气运营智慧化管理。



5G+数字孪生管网

● 5G+机器人巡检、AI 监控：保障燃气场站侧供应中枢安全高效

该场景利用 5G、AI 等技术，深圳燃气在 5 座核心燃气场站部署 5G 巡检机器人与 AI 视频监控，建立异常风险数据模型，解决了燃气场站运营存在的人工巡查效率低、潜在泄漏风险点量大、事故后果严重等安全运营管理痛点。5G 机器人巡检已完成数万个潜在泄漏风险点自动化巡查、数据抄录与系统信号智能比对；5G AI 视频监控已实现对场站烟、热、火灾、燃气泄漏、人员违规行为、外部入侵等隐患的 24 小时在线 AI 监管，巡查人数减少约 50%，提升了城市燃气核心设施智慧化运营与安全运行水平。



5G+机器人巡检与 AI 监控

● 5G+无人机巡检、管网感知监测终端，提高管网侧隐患发现能力

该场景利用 5G 大带宽、低时延等特性，深圳燃气采用 5G 无人机对 180 公里山地、市政管线进行巡查，对管线周边第三方施工、管线边坡等区域加大巡查频次和力度，解

决了人工山地管线安全巡查存在道路崎岖巡查难、蛇虫鼠蚁风险高、巡查周期长、隐患发现及时率低等痛点。目前，基于该场景已实现山地管线1天1巡，及时发现管线周边的非法施工、地质灾害等异常情况，隐患发现及时率提高8倍。



5G+无人机巡查

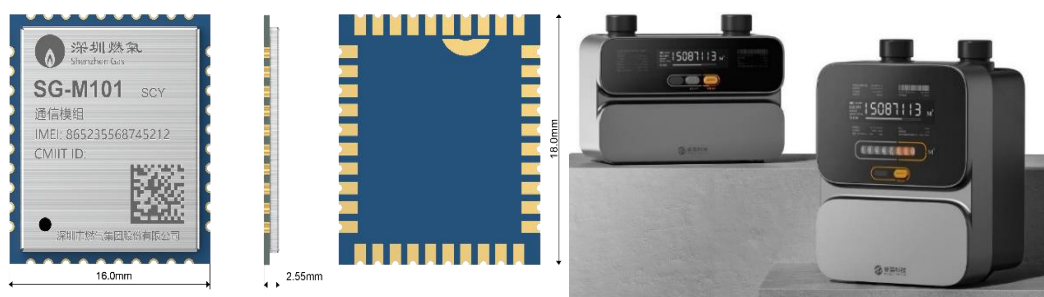
城中村人口居住密集、事故后果影响大，深圳燃气利用5G大连接、低延时等特性，在燃气管网、调压箱（柜）、重点用户等区域安装智能压力监测设备，实现管网压力感知，充分掌握管网运行态势。通过采集管网压力数值可有效反映并判定管网运行情况，并能够对管网设计、负荷计算、健康程度分析等提供数据支撑，将重点供气设备的原有的定时巡查提升至24小时全天候在线监测。



5G+管网终端监测

● 5G+智能表具与数据分析，提高用户侧安全管理水平

该场景利用 5G 大连接等特性部署了百万级智能表具，远程监控用户用气数据，可及时发现气量异常并处置；利用 AI 客服机器人、OCR 自动识别、人脸识别等先进技术，对接政务系统，打造互联网一站式自助服务平台，实现客户“零资料、零跑腿、零费用、零审批”的“四零”线上服务管理。



该案例安全加密通讯模组及定制化智能燃气表

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例取得的经济效益表现在两个方面，一是智慧燃气赋能运营管理，企业经济效益得到快速提升。该案例围绕“立足大湾区、优化布局、创新驱动、转型发展”的战略主线，加速实施 5G+智慧燃气建设，推动经营规模、盈利能力和运营效率不断提升。近三年，深圳燃气在燃气板块人数仅增加 25.1%的情况下，通过引入 5G 数字化手段，实现服务客户数增加 75.8%、人均服务客户数增加 40.5%、天然气销售量增加 63%，快速提升企业运营效率与经济效益。

二是智慧燃气赋能行业变革，产业链及对外产业化已见成效。该案例依托下属赛易特、睿荔科技等公司，在5G+智慧燃气领域快速部署产业化推广，其中一体化方案中核心系统、智能设备等已实现向贵州燃气、珠海港兴、合肥燃气等同行业的输出推广应用，随着未来规模化推广，产业化营收将实现爆发式增长。

（二）环境和社会效益

在5G、大数据、人工智能等新一代信息化技术的赋能下，该案例取得以下三方面的成效：

一是助力国家能源革命、双碳目标战略实施。深圳燃气5G+智慧燃气利用多种数字化手段实现城市燃气高效运行及天然气快速普及，促使城市能源结构不断优化、用能效率逐步提升、节能降耗取得显著成效，如在城中村投入海量5G智能终端，两年内实现近两百万户天然气改造，替代石油气、柴油等传统能源，近三年折合碳减排约559万吨；并通过5G+智慧燃气关键共性技术研究形成了效果显著的技术成果，响应了国家能源技术革命的总体要求。

二是赋能行业安全发展，保障人民生命财产安全。深圳燃气通过部署超百万智能燃气表，实现用气数据1小时1采集、异常情况24小时在线监测，有效保障用气安全；该案例通过引入AI监控、无人机飞巡等应用场景，实现城市燃气重点管线24小时在线监测以及燃气异常运行及时预警。

三是融入智慧城市建设，助力城市公共安全治理水平提升。该案例将 5G 等新一代信息技术引入燃气运营各场景，通过 5G+智慧燃气带来的海量数据资源支撑企业运营，并将燃气运营与物联数据接入市、区应急管理监测预警指挥中心、城市生命线监测预警系统、智慧住建平台等。基于“深圳市数字底座”建成“深燃大脑”，实现智慧燃气与智慧城市建设的融合发展，助力城市公共安全治理水平提升，为城市燃气安全高效运营提供了标杆示范。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例依托该项目建立了智慧燃气科技创新体系，保障 5G+智慧燃气技术持续迭代，形成了可复制推广的典型经验。**一是**深化合作，内外合力赋能技术迭代。深圳燃气积极构建智慧燃气创新生态圈，通过公司内生的自主创新与外部生态力量相结合的智慧燃气技术合作模式，形成了行业领先的智慧燃气科技创新成果，有效促进了行业数字化、智慧化发展。**二是**制定标准，推进行业 5G+智慧燃气标准建设。深圳燃气积极主导/参与 24 项智慧燃气相关标准编制，其中国际标准 1 项、国家标准 5 项；主编《基于窄带物联网技术的智能燃气抄表系统》团体标准；参与制定《工业企业网络安全防护要求》等 3 项工业互联网安全国家标准；牵头主编《面向 5G 应用的智慧燃气系统参考架构》等 2 项行业标准，为燃气行业 5G 标准化应用提供支撑。**三是**标杆示

范，加速 5G+智慧燃气产业化推广应用。深圳燃气已在智能终端、智能检测、系统平台等领域形成系列创新成果，自主打造的燃气完整性管理系统、燃气数字孪生管理平台、工控网络安全管理平台、国产化工控网络安全设备等具备良好的行业应用与推广价值，将通过下属科技子公司面向燃气行业实施市场推广，助推行业的智慧化发展，形成可复制、易推广、具有核心竞争力的智慧化应用新业态，为燃气行业安全高效运营贡献“湾区范例”。

24 中海炼化：“5G+工业互联网”智能工厂

一、案例概览

所在地市：广东省惠州市

参与单位：中国海洋石油集团有限公司、中海石油炼化有限责任公司、中海油惠州石化有限公司

技术特点：利用高低频 5G 融合组网技术解决 5G 通信在石化厂区内的广覆盖、大带宽、高安全问题；利用 5G+工业互联网平台，实现安全生产、绿色环保、节能低碳、AI 应用的落地

应用成效：实现 5G 厂区内覆盖率 99.9%；设备完好率 99%以上，生产平稳率 99.9%以上；实现年减排二氧化碳 1.7 万吨，污染物排放达标率 100%

二、案例基本情况

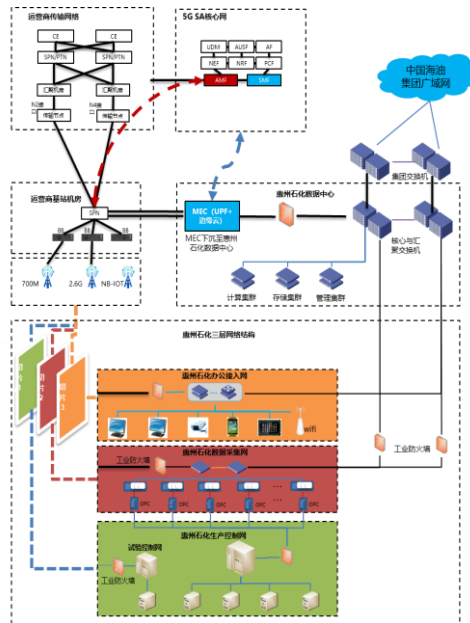
中海油惠州石化有限公司（简称“惠州石化”）是中海石油炼化有限责任公司独资建设的第一座大型现代化炼厂，位于广东省惠州市大亚湾开发区。经过十几年的建设运营，已经发展成为一家集石油化工、煤化工、石化产品销售为

一体，配套齐全的大型炼化一体化企业。公司现有原油加工能力 2200 万吨/年、芳烃（对二甲苯）生产能力 100 万吨/年，总投资 403 亿元，占地面积 5 平方公里，用工总数 2424 人，加工规模和技术水平位居国内炼油企业第一梯队，被誉为“中国最富有活力和最具竞争力的炼化企业”。

现阶段，惠州石化面临两大发展痛点：**一是**厂区原有 4G 网络覆盖深度不足，信号盲区多，无法保证数据安全稳定传输；**二是**厂区生产数据自动采集率较低，预防性维修率低。为解决上述难题，惠州石化开展 5G+工业互联网智能工厂建设，不断拓展垂直行业深度应用场景，推动管理方式从传统模式向现代化、数字化、智能化跨越，支撑企业绿色生产、卓越运营与可持续发展。

三、 案例技术路线

该案例以 5G+工业互联网为载体，融合 700MHz 深度覆盖、不间断传输优势和 2.6GHz 大带宽、大容量、高速率优势，采用 700MHz FDD 与 2.6GHz TDD 双频双制式融合的 5G 组网部署方案，同时下沉部署了 5G UPF 及 MEP 边缘计算云，通过“数据+平台+服务”技术转型，开展安全生产、绿色环保、节能低碳等业务领域的数字化应用，实现了 5G 应用业务数据不出企业，满足数据通信高安全、低时延的要求。



惠州石化 5G 石化专网架构

四、 案例应用场景

● 5G+安全生产，实现生产管理智能化、便捷化

为保障生产安全，作业流程需严格遵循“六有”工作法和“五定”管理法。其中“六有”指工作有计划、执行有方案、变更有记录、判断有数据、操作有确认、事后有总结；“五定”指定点、定时、定人、定路线、定标准。该场景通过企业 5G 石化虚拟专网、炼化工业互联网平台、防爆手持终端、RFID 标签、移动蓝牙测震设备、移动摄像设备、移动气体检测设备等技术融合，创新性构建了施工作业许可、重要生产工作许可、消项管理、巡检管理、双重预防、隐患管理、行为安全观察等“多合一”生产安全管控应用，支撑实现现场作业动态监管、消项操作内外操协同、巡检数据实时监控的智能化生产作业管控新模式。

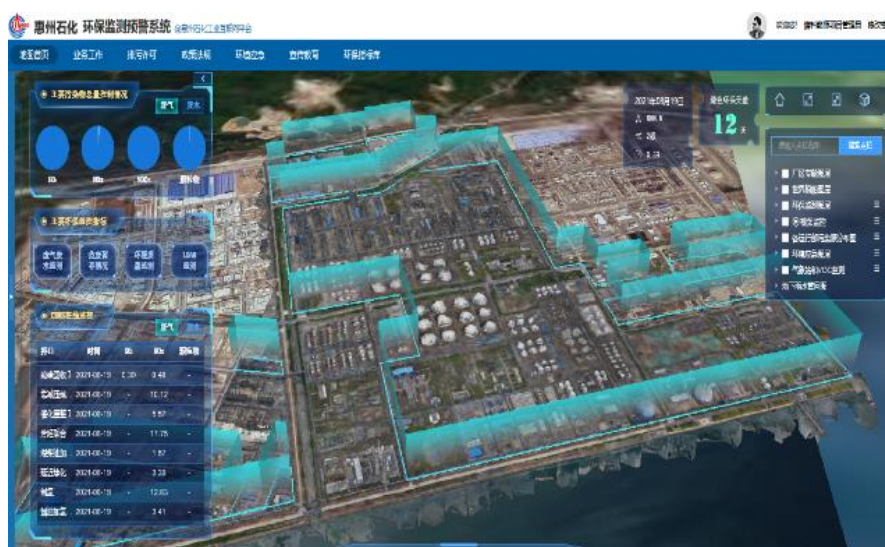


5G+安全生产

● 5G+绿色环保：实现风险数据一体化管控

该场景围绕“绿色环保”目标，依托 5G 技术实现环境监测设备的实时在线，建立了安全生产应用与环保监测预警应用，助力公司安全环保管理转型，实现智能预警与事前控制。工作人员在环保排放智能监管应用上可直观监控各类废气、废水的实时排放情况，并及时对 VOCs 进行处置。同时，通过对污染物排放的跟踪溯源与排查处理，针对性地在线调整生产计划，减少 SO₂，NO_x，COD 等污染物的排放。该场景实现了风险分级管控、环保实时数据监测、数

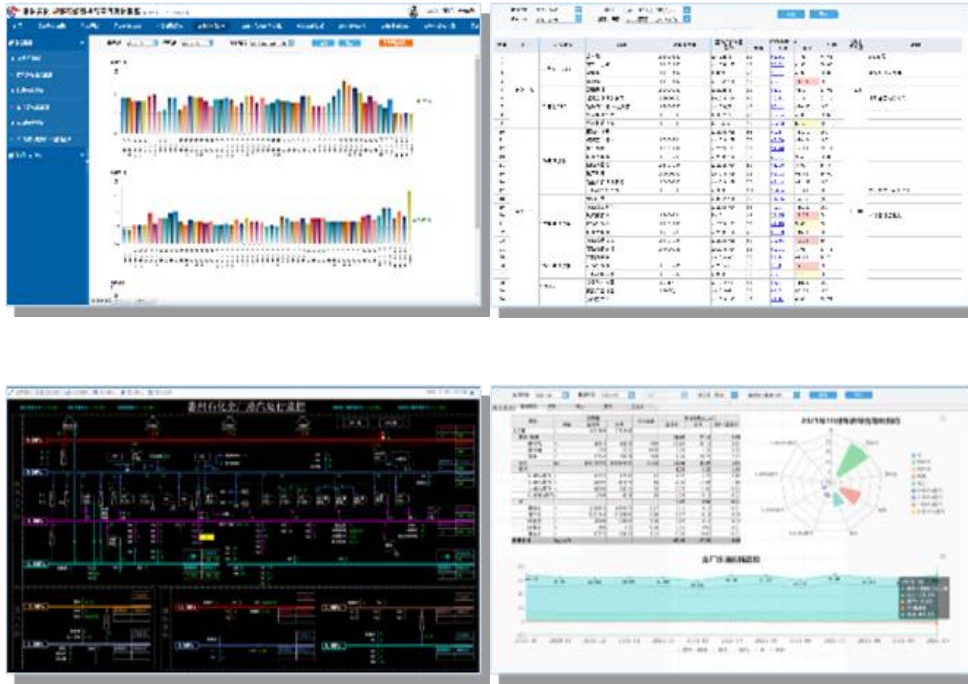
据统计分析、超标警告、应急疏散等 21 项子模块应用，从本质层面减少环境污染发生，将企业环境保护的主体责任落到实处，环保管控效率提升 15%，环保数据报送效率提升 300%。



5G+绿色环保

● 5G+节能低碳：提升能耗管控及时性

该场景围绕“双碳目标”，通过5G工业终端实时监控设备运行状态，建立了能源监控与蒸汽系统优化系统，实现了能耗在线监控、公用工程在线优化、用能检查分析、节能目标管理等 13 项子模块应用。该场景助力节能减排管理由“分项统计，持续评测”转型为“实时监测，智能调优”，降低蒸汽损耗率 5%以上，年累计效益超过 5000 万元。



5G+节能低碳

● 5G+AI 应用：建立平台化赋能体系

该场景融合了 5G、机器学习 AI 算法以及炼化过程知识，建立炼化机理与机器学习 AI 算法深度融合的端到端智能建模平台，以此推动 5G+AI 监护、5G+智能巡检等应用场景研发。该场景研制炼化行业正式应用的轮式装置区巡检机器人 2 个，智能识别模型 17 个，仪表识别准确率 97%以上，异常工况识别模型 8 个，异常工况识别准确率 95%以上。



5G+AI 应用场景图

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例降低蒸汽损耗率 5%以上，年累计效益超过 5000 万元；年均减少装置非计划停工 1 次以上，节约非计划停工消耗成本 500 万元/年；减少工厂监控成本 30%，降本 100 万元/年；年创经济效益达 5600 万以上。

（二） 环境和社会效益

该案例将企业生产数据自动采集率提升至 98%以上；污染物排放达标率达到 100%，隐患整改完成率 99.9%，消防设施完好率 99%以上，年均减少装置非计划停工 1 次，现场作业图像异常质量识别准确率达到 95%。此外，项目形成了适用于石化企业的 700M 与 2.6G 融合组网 5G 方案，培养项目相关技术人才 27 名。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例构建了石化行业“5G+工业互联网”技术底座，探索了 4 类“5G+工业互联网”典型应用场景，培育了“数字化众创生态”，应用效果明显，具有较强的推广示范价值。

25 湖北四机赛瓦：5G 助力大功率油气压裂机组施工

一、 案例概览

所在地市：湖北省荆州市

参与单位：四机赛瓦石油钻采设备有限公司、中国联合网络通信有限公司荆州市分公司、广东省新一代通信与网络创新研究院

技术特点：利用 5G 技术解决大功率油气压裂机组在野外作业无线组网的问题

应用成效：通过野外压裂现场 5G 组网实现压裂装备有效作业时长增加 20%，压裂装备组网转场时间缩短 50%

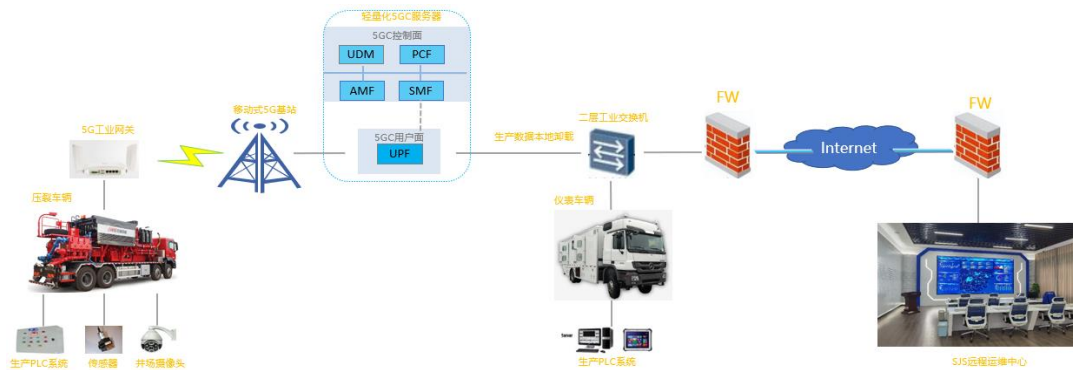
二、 案例基本情况

四机赛瓦石油钻采设备有限公司坐落于湖北荆州，是石油化工装备领域的隐形冠军企业。其“油气井封层桥塞”产品市场占有率全球第二，被国家工信部评为“单项冠军产品”之一；“固井压裂设备”上榜湖北省第二批支柱产业细分领域隐形冠军企业名单。旗下石油钻完井装备工程技术研究中心被省科技厅认定为省级工程技术研究中心。

油气开发主要集中在偏远区域，一般为多装备集群化作业，存在三个痛点：**一是**多设备间有线网络连接，线路故障率高；**二是**作业现场工况复杂，高温高压电磁干扰频繁，运行维护难；**三是**压裂现场数据与总部数据未实现融合共享、无法实现远程决策与运维。为解决上述痛点，四机赛瓦与荆州联通共同探索 5G 与油气钻采装备的融合应用，提升油井施工现场信息化、智能化程度，促进降本增效。

三、 案例技术路线

该案例在压裂控制指挥中心车辆的内部和上方统一集成部署轻量化的 5G 核心网服务器及可移动式 5G 基站，在压裂车辆上方部署集成 5G 工业网关，实现压裂作业区内部各类终端联网入网。基于该方案部署的 5G 网络具有可移动、部署灵活等优点，可随着压裂控制指挥中心车辆在各压裂作业区流动，支撑压裂井场网络自诊断、自适应和自治愈，满足油气压裂生产频繁转场的作业需求。

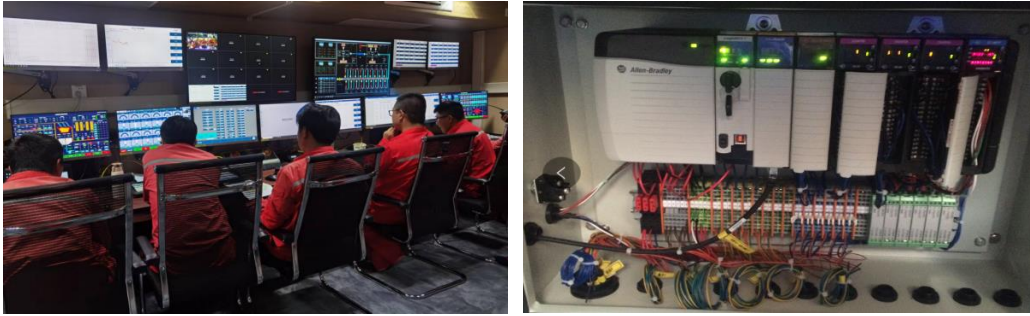


案例组网架构图

四、 案例应用场景

● 5G+PLC 控制：实现压裂作业无人值守

压裂装备 PLC 控制系统对控制信号传输可靠性要求极高，一旦设备失控，可能导致单井压废，经济损失至少在千万元以上。该场景通过给每个压裂作业装备配备一台 5G 双模终端设备，并利用 5G LAN 的网络技术优势，确保压裂装备 PLC 控制信号传输的稳定可靠以及低时延，实现了压裂作业工作区的无人值守。



压裂装备 PLC 控制

● 5G 高清视频监控：实现压裂作业现场智能安防

该场景通过在各类压裂装备上部署 5G 高清摄像头，利用 5G 网络 eMBB 优势，进行大容量的上行视频回传，将实时的机组生产画面回传至本地的仪表控制中心，让集控生产人员可准确判断作业现场运行状况。此外，该场景在井场周围部署若干 5G 高清摄像头，并配合视屏 AI 智能分析识别软件进行工衣工帽识别、火灾识别、积水预警、非法翻越预警，实现井场内的智能安防。



5G 压裂现场高清视频回传

● 5G+远程运维：实现压裂装备统一管控

该场景在四机赛瓦总部搭建全国远程运维中心，利用 5G 网络将全国各区域压裂装备设备 OEE 效率、设备报警、

故障统计等运维管理数据统一汇聚到荆州总部，通过监控平台实现“一屏概览”，实时掌握全国各压裂装备作业现状及设备健康运行状况，提升管理维护效率。



5G 压裂装备远程运维

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例通过移动式 5G 虚拟专网替代原有二层工业环网，降低作业现场网络部署、设备运维及工序运转等成本，助力企业实现降本增效、产能释放以及人力成本削减。其中装备有效作业时长增加 20%，生产效率提高 10%，转场调度时间缩短 50%，人力成本降低 20%。可带来直接营收约七千万，直接利润约一千万。

（二） 环境和社会效益

该案例通过 5G 技术优化作业流程，提高作业效率，带动环境及社会效益提升。在助力“双碳”方面，开展产业联动，数字能源探索，深度挖掘行业应用价值；在成果输

出方面，案例成果将作为石油智能装备产业颠覆性技术成果对外发布；在产业推动方面，可扩展应用于四机赛瓦数千套压裂作业装备，带动更多的产业协同与跨界合作。

六、案例典型经验和推广前景

该案例通过积极探索 5G 技术及产品与压裂装备相融合的创新道路，推动了压裂装备的更新升级，制定了相关 5G 及压裂装备融合的制造标准，助力“中国制造 2025”在油气压裂行业的战略落地。该案例从多方面带动了行业的发展：**一是**形成以石油装备技术服务为主的行业联盟，引领行业发展；**二是**建立石油装备节能改造的远程专家系统服务群，推动服务型制造产业发展。

五、综合能源+5G

26 新奥临空能源：临空经济区综合能源智慧化运营

一、案例概览

所在地市：河北省廊坊市

参与单位：廊坊新奥临空能源有限公司、中国移动集团有限公司河北廊坊分公司、廊坊市城乡规划设计院

技术特点：利用 5G 无线技术，将燃气、供热、供冷等场景中各类传感器通过无线自组网的方式完成数据采集、存储，降低人工日常巡检和工时数据记录；利用 5G、大数据、云计算融合技术完成智能分析，提高控制策略准确度，并实现分级预警

应用成效：通过 5G 规划和实施应用，在临空经济区实现燃气、冷、热等综合能源的智慧化运营，节约能耗近 10%，节省人工工时及费用约 16%；全年危险作业的隐患发生率降低 30%，违章作业数量降低 60%

二、案例基本情况

廊坊新奥临空能源有限公司是新奥（中国）燃气投资有限公司旗下子公司。作为北京大兴国际机场临空经济区（廊坊片区）的综合运营服务商，新奥临空能源统筹负责该区域燃气、供热、供冷等多种能源的供应，以及综合能源系统的运营服务工作，相关业务涉及工程施工、能源站运营管理、用户端供能与服务、供能整体系统应急抢险等。

在“双碳”背景下，打造安全、清洁、高效、智慧的零碳临空经济区，实现“零碳临空”、“数字临空”是发展的主要方向。新奥临空能源在服务临空经济区的过程中面

临两方面痛点：**一是**人工作业存在诸多安全隐患，如危险作业环境监控、受限空间作业监控、人员违规作业、高危区域人工巡检等；**二是**经济区安全管理精度待提升。由于设备、环境等要素的状态信息无法感知，导致监测不及时、不全面，如特种设备维护管理、火源告警等。为解决上述问题，廊坊新奥临空能源有限公司联合廊坊移动、廊坊市城乡规划设计院共同打造**5G+**工业互联网体系，完成电、气、冷、热等多种能源灵活接入，实现智能量测、需求响应、以及服务平台管理等功能，有效降低能源消费总量和碳排放总量。

三、 案例技术路线

该案例解决方案利用**5G**网络实现能源基础设施、感知终端、数据平台和业务系统的纵向贯通，打造了泛能网平台，形成全场景覆盖的智慧物联生态。该案例自下而上依次为终端层、网络层和平台层：终端层为智能燃气表、智能安全帽、手持记录仪、热量表等各类设备，实现园区不同区块的“4+1”（冷、热、气、电网+信息流）互联互通；网络层为**5G**网络，实现“上下贯通”的传输功能，向上采集各类终端数据传输至平台层，向下传输各类平台指令至终端层；平台层为各类要素提供人机交互、数据处理等操控界面，如智慧燃气平台、智慧暖通平台、智慧工程平台等，助力构建低成本、高效率的综合能源管控系统。

指令至终端，实现远程控制，保障能源的高效输配和快速维修响应。与传统方式相比，整体系统效率调控精度更高，节约能耗近 10%，节省人工工时及费用约 16%。



基于 5G 的站端远程控制

● 5G 智慧工程：视频 AI 识别推动工程危险作业监控

该场景面向工程施工场景，利用 5G 终端实时获取工程现场的影像、表单、直播视频等内容，如球机、安全帽、执法记录仪等。实时数据通过 5G 网络传输至平台，实现场景交互、可视化留痕管理等功能，为施工决策和工程结算提供依据，保障施工过程安全。该场景下全年危险作业隐患发生率降低 30%，违章作业数量降低 60%。



基于 5G+AI 识别的工程危险作业监控

● 5G 智慧巡检：赋能管网数字巡检与精准抢险

该场景面向日常巡检和应急抢险场景，发挥 5G 网络大连接、大带宽优势，通过执法记录仪、手持终端等智能设备，自主或辅助能源管网的安全巡检。同时，结合任务实时接收、人员精准定位等功能，实现人员快速到达与精准抢险。该场景强化重点区域安全管控力度，改变传统人工管网巡视方式，提升巡视效率，实现 5G 终端配备率 100%、巡视覆盖率 100%、业务数据回传率 100%。



基于 5G 终端的管网数字巡检与精准抢险

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例通过 5G 技术应用实现燃气运营巡视覆盖率 100%、业务数据回传 100%，燃气运营事故发生率降低 72%，有效预防重大责任事故。此外，该案例在供冷、供热场景中的 5G 应用促使运行管理模式单位耗能降低约 10%。

（二） 环境和社会效益

一是提升能源数字化管理水平。该案例依托综合能源

+5G规划打通传统能源体系边界，统筹管理气、电、冷、热等多种能源，实现跨时间空间、跨能源品类、跨设施主体的优化调配，支撑全生命周期监控与高效监管。

二是增加节能减排效益。该案例推动廊坊临空经济区综合能源智慧化发展与智慧化运营，有效降低能源消费量和碳排放量。预计 2035 年廊坊临空经济区可节约能源消耗总量 21.7 万吨标准煤/年，节能率 20%；减排二氧化碳约 139 万吨/年，减排率约 30.5%，SO₂、NO_x、粉尘减排率可达 29% 以上。

三是助力零碳示范园区建设。该案例利用泛能网能源平台积极推广新能源技术，提高能源利用效率、优先消耗清洁能源和可再生能源、降低碳排放量，促进能源节约。该案例构建了安全、高效、绿色、可持续的能源供应体系，助力园区综合能源系统建设，打造“零碳”示范园区标杆。

六、案例典型经验和推广前景

该案例在能耗监控及能源管理方面总结得到良好经验：**一是**该案例分别设置集中监控系统、SCADA 操作站与工程师站配置泛能能效平台，实现对各区域能源系统监视和控制，助力打造数据驱动的智慧化数字能源平台；**二是**该案例提出的综合能源运维管理系统融合“能源”+“5G”+“大数据”+“人工智能”等多项技术，基于园区生态圈各成员不同需求，为客户提供全流程能源服务。

27 广东电力设计院：5G+E-Block 智慧园区示范

一、 案例概览

所在地市：广东省广州市

参与单位：中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司

技术特点：利用 5G 融合 E-block 技术解决“算、网、电”基础设施融合难和集成通用性应用服务能力差等问题；利用“双频、双域”5G 专网技术解决网络低速率、高时延、少连接和低安全等问题；利用 5G 专网自服务和 5G+智慧园区管理 2 大平台解决网络故障、中断等异常问题；利用 5G+远程办公、5G+AI+大视频园区智慧服务和 5G+泛在智能感知控制解决管理方式粗放、安全风险剧增、动态感知缺乏、数据独立孤岛等问题

应用成效：通过 2 大平台减少巡逻人员支出 75 万元/年；减少硬件采购或运维成本 40 万元/年；通过 3 大 5G 智慧园区 5G 应用节约电费支出 20%-30%/年

二、 案例基本情况

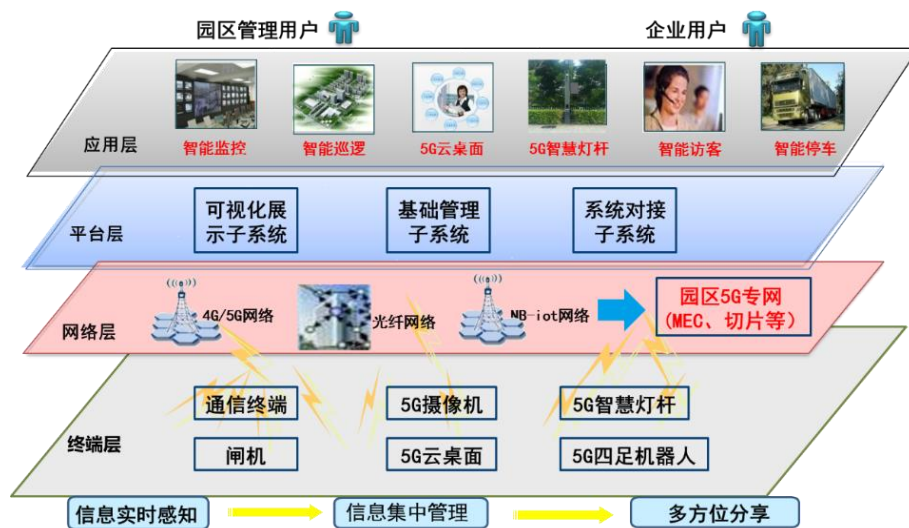
中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司（简称“广东院”）成立于 1958 年，是具有国家工程设计综合甲级资质的国际工程公司，拥有“技术和项目管理、投资和运营、工程数字化、知识型产品”四大核心业务，致力于在电力、核能、海洋、综合能源、网络信息、市政交通、建筑等能源和基础设施建设领域，为客户提供一站式综合解决方案和全生命周期管理服务。

当前，广东院在数字化转型过程中存在两个痛点：一是业务管理方面存在远程办公不便、设计协同办公困难、

数据传输受阻和设计安全不足问题；**二**是在园区管理方面存在老旧设备升级难度大、智能设备覆盖率低和园区管理平台多且杂问题。为解决上述问题，广东院基于 5G+E-Block 的智慧园区应用示范及产业化项目，发挥自身企业优势，探索研发“算、网、电”融合的新型基础设施，并在自身园区中进行试点应用，为产品推广应用奠定基础。

三、 案例技术路线

该案例按照“1+1+2+3”的总体架构，重点研制集成通用性应用服务能力的 5G+E-block “算、网、电”融合基础设施。即 1 套 5G+E-block 边缘数据中心，满足行业“云网协同、算网融合”趋势要求，推动产业和行业“数字化、绿色化”协同发展，以中能建广东院园区为试验区，打造基于 5G+E-block 边缘数据中心的 5G 智慧园区新样板；构建 1 张“双频、双域” 5G 专网，借助 5G 大带宽、低时延、广连接特性和 5G 专网高安全性优势，搭建 5G 专网自服务和 5G+智慧园区管理 2 大平台；重点打造 5G+远程办公/协同设计（2C 业务）、5G+AI+大视频园区智慧服务（安防管理、车库管理、人员管理等）、5G+泛在智能感知控制（智慧能源、智慧灯杆等）3 大 5G 智慧园区通用场景，构建标杆性与普遍性并重、数字化与绿色化协同的 5G+智慧园区治理新模式。



5G 专网+E-BLOCK 智慧园区整体架构图

四、 案例应用场景

● 5G+AI+大视频：保障园区安全生产

该场景利用监控区域内的 120 多个 5G 摄像头采集图像，并通过 5G 网络回传至平台实现多元信息协同分析、异常事件智能判断及预定义联动响应，有效提升预警灵活性和功能拓展性，降低误报率，减少人工成本 75 万元/年。同时，该场景利用 340 个传感器节点的感知能力监控和管理停车位，实现停车场的车位管理和车位发布等功能，支持向园区人员提供车位引导，车辆查询等功能服务，实现停车资源的统一规划和高效管理，园区平均车速提升 8.8%至 14.0%。



视频监控平台现场图

● 5G+智能感知控制：实现各类终端一体化管控

该场景利用在园区部署的 27 台 5G 终端和 1150 台 4G/NB-IoT 等联网终端（如智慧灯杆等），采集园区内的环境、能耗等信息，并通过接入智慧园区平台实现各类终端的感知或控制，提升园区的整体智能化水平。



5G+智慧灯杆实景图

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例经济效益体现在两个方面：**一是**直接项目收益，2020-2021 年通过推广和应用该案例中 5G+E-Block 产品或解决方案，中能建广东院签订合同金额 1608 万元；**二是**间接运营效益，该案例的 5G 应用提升了园区运营效率，减少巡逻人员成本 75 万元/年，减少硬件采购或运维成本 40 万元/年。

（二） 环境和社会效益

一是促进园区经济与环境协调发展。该案例为各个企业建立统一的数字化服务平台，利用 5G 智慧园区提升各类资源使用效率，强化企业运营管理和生产应用，提升企业规避市场风险能力。此外，该案例通过园区智慧化改造，实现污染物与碳排放显著降低，为推进低碳环保的生产方式、实现经济和环境协调发展做贡献。

二是提高资源整合能力。该案例集成并打通展示平台和资源共享平台，实现智慧化运营，降低企业运营成本、提高工作效率、强化企业管理能力。该案例将园区管理者、企业、员工打造成为一个人紧密联系的整体，提升园区综合实力。

六、 案例典型经验和推广前景

当前，5G 智慧园区的综合能源应用逐步进入成熟化、

规模化应用阶段，该案例典型经验包括三个方面：**一是** 5G 综合能源相关产品不断成熟，促进应用推广，如 2.6GHz 5G 模组、机器人 5G 控制模组等终端产业环节基本成熟；**二是** 5G 网络技术不断演进，支撑 5G 智慧园区的发展，通过 UPF 下沉，MEC 边缘计算技术和网络切片技术融合实践，满足园区综合能源安全、高效的管理需求；**三是** 跨界联合标准化方案的推广，园区企业、运营商、通信设备厂商共同推动智慧园区各项应用的标准化。通过提供差异化的园区专网切片服务，提升智慧园区可持续发展与管理能力。

该案例基于 5G+ E-Block 边缘数据中心开展智慧园区建设，助力中能建广东院解决远程办公难、协同设计难、园区管理难、安全管理难等系列问题。后续，广东院将携手产学研用各方，为广东乃至全国“算、网、电”融合基础设施的规划建设提供服务，助力园区智慧化、绿色化转型升级。

28 湖南华自科技：基于 5G 的园区微网源网荷储互动调控示范站

一、 案例概览

所在地市：湖南省长沙市

参与单位：华自科技股份有限公司

技术特点：利用动态扩容场景解决园区变压器短时重载过载问题；利用削峰填谷、峰谷套利解决园区用电峰谷差大以及园区用电成本高问题；利用负荷平滑场景解决限电期间园区用电功率超限问题；利用备用电源场景解决停电期间园区重要负载持续供电难问题；利用 5G 融合源网荷储一体化及智能能量管理技术解决园区微网受控终端控制精度低问题

应用成效：节约园区用电成本 150 万元，减少配电建设投资 70 万元；提高限电期间园区供电可靠性

二、 案例基本情况

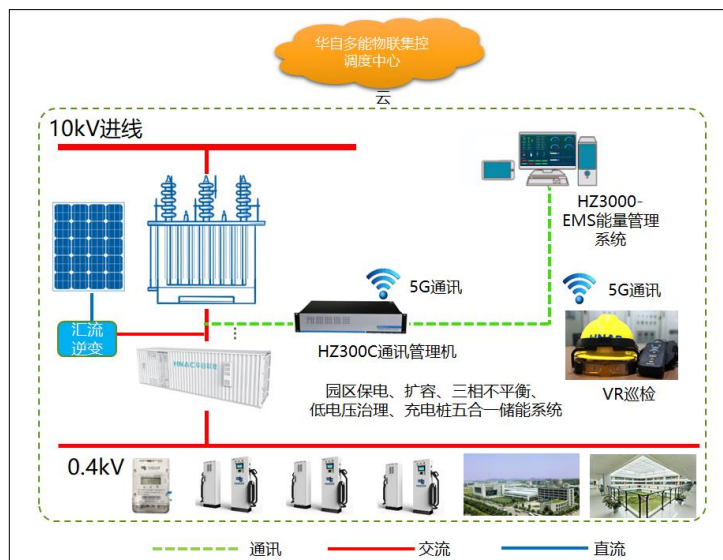
华自科技股份有限公司是联合国工业发展组织国际小水电中心控制设备制造基地，电站及泵站自动化控制设备市场占有率全球领先，可为能源、环保、工控、水利等领域用户提供核心软硬件产品与系统解决方案。公司部分产品实现了同类项目关键技术自主可控与产品自主研发，如面向园区微网源-网-荷-储互动调控的能量管理系统 HZ3000-EMS、微网协调控制器、储能变流器、交直流充电桩等。

园区微网源网荷储协同管控在智能化、数字化方向发展过程中面临两个问题：**一是**随着园区级微电网建设数量和规

模不断扩大，需要协调管控的终端数量增多、交互关系愈发复杂多变，对终端信息采集、汇聚、传输、存储、处理及可视化应用等提出的要求越来越高；**二是**园区微网终端快速协同与精准管控中信息采集量大、模型交互复杂、时间响应要求高，管理困难。为解决上述难题，华自科技采用 5G 通信技术、智慧能量管理技术、建模仿真与优化算法技术等，打通源网荷储终端之间的数据壁垒，提升多应用场景下能量协同管控的精度与效率，实现园区微网源网荷储互动调控的智能化与智慧化。

三、案例技术路线

该案例基于 5G 技术实现工业园区级微网源-网-荷-储终端物理汇聚、信息互动，以及在削峰填谷、峰谷套利、负荷平滑、动态增容、备用电源等业务的有序调控。在网络方面，通过 5G 多能互联、信息能量耦合、低延时快速响应、大数据量均衡处理等功能，实现多能“源-网-荷-储”协调优化和自平衡；在终端方面，基于物联网技术智能仪表动态测量储能充放电量、充电桩与园区功率负荷情况，并进行实时跟踪；在应用方面，利用 5G 网络开展实时音视频信息传输，语音对讲等业务，协同后端功能完善监控调度指挥中心协同，实现针对户外移动式个体的远程调度及指挥功能；在安全方面，从物理联网与数据预警两个层面保障系统安全稳定运行。



基于 5G 的园区微网源-网-荷-储互动调控示范站组网示意图

四、案例应用场景

● 5G+分布式能源接入：节约园区用电成本

该场景利用 5G 测控终端采集分布式光伏发电及园区负载用电信息，并通过 5G 网络回传至园区微网能量管理系统，实现优先利用分布式光伏发电给负荷供电或将富余的光伏发电给储能系统充电，节约园区企业综合用电成本，提升绿能消纳与使用比率。按照光伏直接上网电价 0.45 元/kWh 以及园区企业用电均价 0.75 元/kWh，预计每度电可为园区企业节约用电成本 0.3 元。对于分布式清洁能源自发自用不能上网的园区，节约用电成效将会更加显著。

● 5G+园区微网系统：限停电期间保供电

该场景通过采用 5G 融合技术，将以储能为主的终端设备接入就地能量管理系统与云端多能物联集控中心，利用

5G 实现控制策略快速响应。该场景建立集光伏、储能、充电桩、智能配电网于一体的园区微网系统，通过对储能系统能量进行合理分配与经济调度，实现储能系统参与峰谷套利，节约园区综合用电成本。在“迎峰度冬”、“迎峰度夏”的限停电期间，储能系统的合理调度有效保障园区重要负载（如数据机房）的持续可靠用电。以 500kW/1000kWh 储能系统为例，在园区出现公用电网失电的情况下，能够保证园区重要负载持续可靠工作 2 小时以上。



项目应用实景图

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例在园区原有 500kW 光伏的基础上，新增 500kW/1MWh 储能及多个交直流充电桩，构成园区 MW 级光储充微电网系统，具有节能率高、可复制推广强等特点。该项目已形成高水平学术论文、发明专利、软著等知识产权 20 余项，培养中高级专业人才 12 名，带动企业新增营收

2600 余万元，提供就业岗位 50 余个。同时，园区自建的光储充微电网示范站通过峰谷价差可回收 150 万元，减少配电建设投资 70 万元，投资回收期 6-8 年，并在长沙市多次限电、停电期间保证了园区正常的生产、办公用电。

（二）环境和社会效益

该案例通过自发电、自储电、自用电形成了闭环管理，有效支撑了园区储能充放电调节、SOC 自动维护、电动汽车有序充电、负荷平滑控制、紧急备用电源等业务应用场景，大幅提升园区分布式清洁能源的利用效率与效益。此外，该案例有利于重视和发展新能源（光储充）微电网技术，是践行“双碳”目标、“四个革命、一个合作”能源安全新战略下的重要举措，也是利用储能增强风光分布式可再生能源高比例渗透与高效利用的有效途径。

六、案例典型经验和推广前景

基于 5G 的园区微网源-网-荷-储互动调控示范站是解决园区企业“用电荒”、“用电贵”的重要举措之一。为实现规模应用，该案例探索技术成果和资本市场对接方式，选择峰谷价差在 4:1 以上且对用户侧储能进行电量补贴的地方进行项目推广，据此以充裕的资金保证项目实施、缩短投资回收期。

在技术推广方面，**一是**凝练单个园区光储充微电网的关键技术，形成技术标准、标准化的产品及方案；**二是**突

破多园区光储充微电网共建、共享 MW 级集装箱储能的技术瓶颈，提高多园区光储充微电网协同管理效率与效益，降低园区综合用能成本。同时，该案例实现储能变流器 PCS、能量管理系统 EMS、协调控制器等具有自主知识产权产品的首台套应用，以及 5G 技术、削峰填谷、峰谷套利、负荷平滑、动态扩容等技术的应用。在盈利模式上，该案例主要采用光伏自发自用、储能系统峰谷套利、充电桩运营收益等模式保障运营收益。

29 雄安智慧能源：智慧能源运营平台助力能源高质量发展

一、 案例概览

所在地市：河北省雄安新区

参与单位：中国雄安集团智慧能源有限公司、国网雄安思极数字科技有限公司、中国电信集团有限公司河北雄安新区分公司

技术特点：利用 5G+云化技术监管供热生产过程全要素，实现多热源联网智慧运行；利用 5G 连接能源设施，实现重要设备在线风险预警与智能运维；利用 5G+无人机管线监测，提高燃气生产泄露监测与风险预警水平；利用 5G+北斗高精度定位，提高燃气管线高精度定位及智能巡检能力

应用成效：按需精准调控降低碳排放 5%；自动化运维效率提高 10%；巡线偏差率降低 8%、客户投诉率降低 5%、运行人员数量减少 20%

二、 案例基本情况

中国雄安集团智慧能源有限公司是雄安新区供热、供气等能源业务的建设运营主体，截至 2022 年底，总供热面

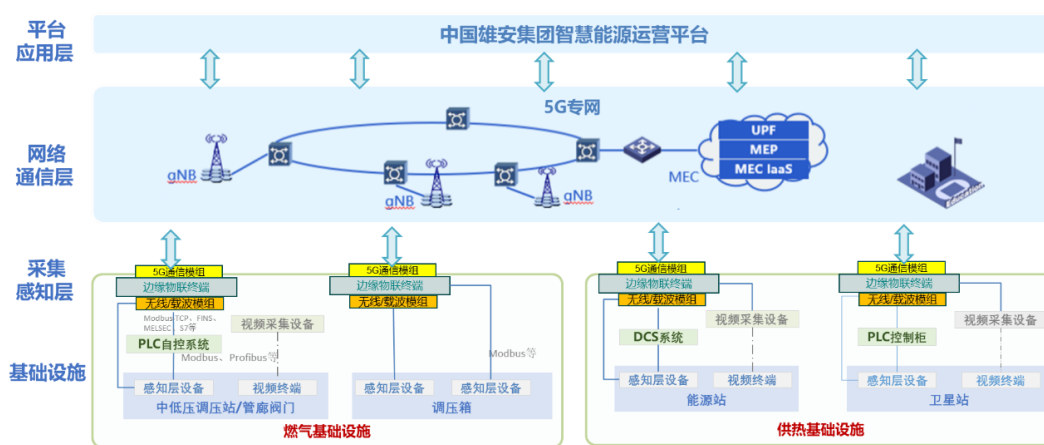
积 1100 万平方米，年供气量 6400 万立方。公司践行“依法合规、实事求是，服务至上、合作共赢，绿色低碳、智慧高效”发展使命，全面推进能源各项业务发展，致力于成为引领行业发展、国际一流水平的智慧能源现代化企业。

能源是城市发展的基石，也是城市生命线工程。随着我国经济的迅速发展和能源需求的大幅增长，能源发展面临资源和环境的巨大挑战。当前，能源公司在生产运营中主要面临三个痛点：**一**是在供能生产环节，需要探索更加节能、高效、低碳的供能生产模式；**二**是燃气热力场站、管网分布范围广、数量多，日常生产运维工作量大，效率有待提升；**三**是供气、供热属于民生保障服务，亟需探索更加安全、稳定、可靠的解决方案。为解决上述痛点，雄安智慧能源联合国家电网、电信等企业，将 5G 海量接入、超低时延特性与实际生产场景相结合，建设智慧能源运营平台，落地多项 5G 应用，为公司安全稳定运行提供有力保障。

三、 案例技术路线

该案例依托 5G+能源大数据等技术，面向燃气、供热相关基础设施，建设 5G 行业虚拟专网，首个试点涵盖 4 个调压站（覆盖 5 万户居民燃气供应）、14 座能源站/卫星站（覆盖供热面积超过 600 万平米），后续根据建设时序实现全域覆盖。根据燃气、供热不同专业生产控制需求，应用 5G 切片技术实现不同安全等级业务虚拟专网划分，保障供热燃

气基础设施安全可靠接入。该案例基于雄安新区“一中心四平台”信息化基础底座，在雄安部署了智慧能源运营企业级云平台。通过“云边协同”实现公司、片区、场站的多级管理，并基于此开展了 5G 在燃气、热力场景的创新应用。截至 2022 年 12 月底，能源公司已实现多种 5G 融合应用场景落地，部署 5G 行业终端数超 100 个。

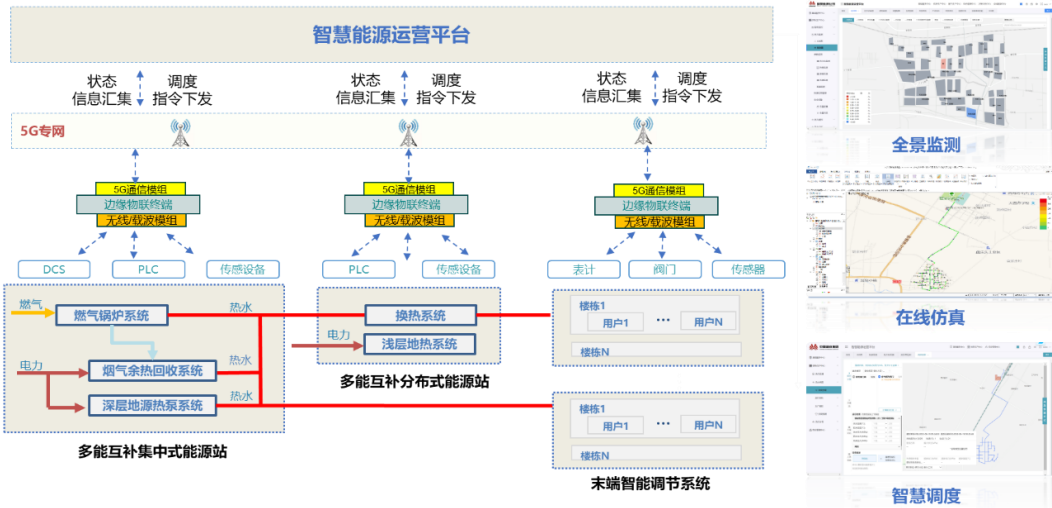


雄安集团智慧能源运营平台方案

四、 案例应用场景

● 5G+智慧能源调度：实现多热源联网智慧运行

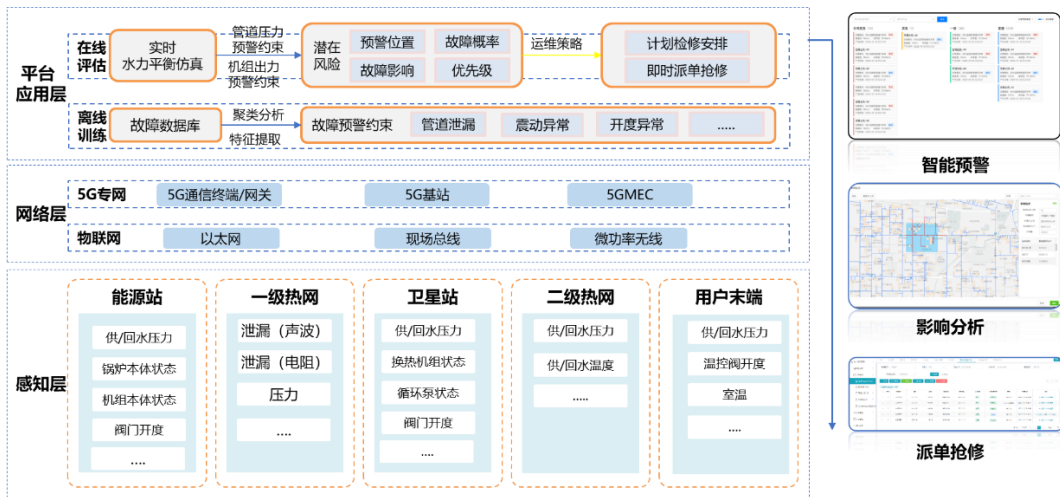
该场景基于 5G 技术连接智慧能源系统“源-网-荷-储”全过程要素，在满足实时冷热负荷调度指令及实际供能需求下，建立全过程协同调控、优化运行的智慧能源调度策略，实现“源-网-荷-储”全过程要素协同下的节能减排及服务保障民生的精准供能，进而推动集中供能市场拓宽、能源供应服务优化及管理水平提升。



5G 智慧能源运营平台

● 5G+智慧运维：实现重要设备在线风险预警与智能运维

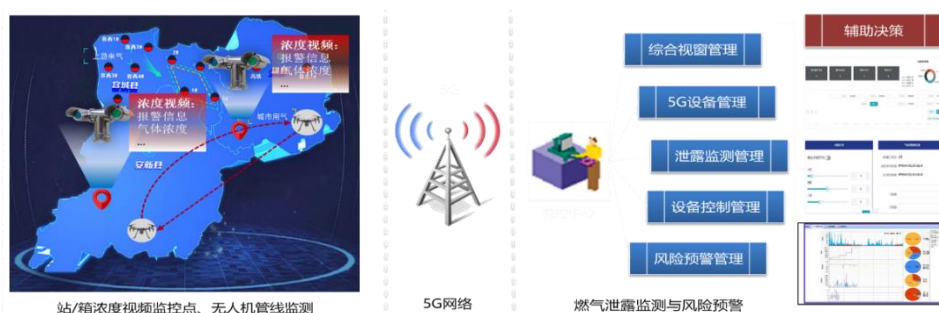
该场景借助 5G 网络海量接入、超低时延特性，为供热、供气系统全环节精细化感知提供支撑，基于在线风险与智慧运维模块，实现各类事故的先知先觉和提前防御，保障区域供热安全可靠。



5G+智慧运维方案

● 5G+无人机监测：提高燃气生产泄露监测与风险预警水平

该场景运用 5G 网络大带宽、边缘计算特性，通过视频监控设备和 5G 无人机终端实现管网、站/箱燃气浓度扫描高效管理。通过对可燃气体浓度、非法侵入、烟雾、火焰等信息进行 7×24 全天候监测，全面提高燃气智慧信息化水平，实现燃气行业气体监测安全化。



5G 无人机风险预警

● 5G+北斗高精度定位：提高城市能源管网巡检效率

该场景运用 5G 大带宽、低时延、广连接的技术特性和北斗高精度定位网络，实现巡线在线监控、历史轨迹回放、管网地图和巡线轨迹自动偏差分析等业务的精准化管理，达到快速精准定位管网故障，减少管网损失的目标。通过 5G 移动终端保障巡检工作正常开展，全面提升管网安全和企业经济效益。



5G 燃气管网智慧巡检

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例 5G 应用主要取得三项经济收益：**一是**利用 5G 技术实现用户末端室温采集，实现对二次网及热用户的“平衡调节、均衡供热”。同时，与热力站联动优化调控，在保障供热质量、热用户采暖舒适度要求的前提下，实现供热节能降耗，预计碳排放降低 5%；**二是**基于重点设备在线风险预警与智慧运维，实时发现问题，实现各类事故的先知先觉和提前防御，自动化运维效率提高 10%、客户投诉率降低 5%、运行人员数量减少 20%；**三是**基于高精度定位巡检系统，助力管网巡检工作更加精准、科学、高效开展，巡线偏差率降低 8%，有效减少管网损失。

（二） 环境和社会效益

一是通过 5G 技术实现城市能源全环节多维度数据采集与控制，支撑构建“户线站网源”全系统数据感知体系。通过实时调节各供能设备参数，形成清洁生产、安全调度、供需互动、互补调峰的能源供应新模式，使系统供能实现安全可靠、多能互补与节能减排，助力能源转型及双碳目标达成。**二是**为实现城市能源精细化管理，贯彻“双碳”行动计划，推动能源既有设备改造升级，通过 5G 技术实现城市能源泛在数据接入，助力行业技术发展。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例在开展过程中经验主要有四点：**一是**技术引领。基于新区“一中心四平台”数字底座，综合应用数字化技术，面向新区燃气生产、供热生产开展设备在线监测告警、远程自动控制、智慧运行调控、辅助决策分析、智能运维等业务，保障新区燃气供热生产安全稳定、经济高效运行；**二是**产品驱动。面向城市燃气供热多业务场景，打造智慧燃气、智慧供热整体解决方案；**三是**安全为本。提出城市燃气供热双等保三级管控体系架构，从边界、网络、主机、应用、终端、数据、物理等方面开展安全防护工作，在边界及网络安全防护上应用 5G 切片技术实现不同安全等级业务虚拟专网划分，保障供热燃气基础设施安全、可信接入，打造燃气供热行业信息安全等级保护标杆；**四是**标准先行。构建城市燃气供热 5G 技术数据接入标准，实现城市能源数据广泛互联，引领城市综合能源建设。

在推广方面，基于上述经验总结可以开展模式复制。面向新建区域燃气供热业务场景，打造基于 5G+智慧燃气、智慧供热整体解决方案，探索气热联合管理新技术应用及管理创新模式，形成可复制推广模式，辐射雄安新区及全国其他城市新建区域。

30 陕煤榆林化学：5G 助力“安全、绿色、高效、智能”生产

一、案例概览

所在地市：陕西省榆林市

参与单位：陕煤集团榆林化学有限责任公司、中国移动通信集团陕西有限公司榆林分公司

技术特点：利用 5G 专网+边缘计算+AI 应用分析技术，采用端、管、云、边应用架构，实现园区 5G 专网全覆盖；利用 700M+2.6G 双频融合组网，打造高可靠、高速率、低时延园区专网；2B2C 双域接入控制，实现用户差异化的公专网接入；CoMP 小区间协同，消除网络干扰，提升园区网络性能；5G 双域技术实现内外网安全访问

应用成效：企业管控人力投入降低 20%，仪器仪表检测维修维护效率提升 30%，园区内业务问题处理速度整体提升 20%

二、案例基本情况

陕煤集团榆林化学有限责任公司成立于 2017 年 12 月，属陕煤集团全资子公司，负责陕煤集团“煤炭分质利用制化工新材料示范项目”的规划建设和运营，项目总占地面积约 15.4 平方公里，计划总投资约 2315 亿元，年转化煤炭约 2900 万吨。榆林化学公司以国家能源发展十三五规划煤炭深加工重点项目——“煤炭分质利用制化工新材料示范项目”为依托，志在打造信息化和工业化深度融合应用，构建“安全、绿色、高效、智能”的现代化企业。

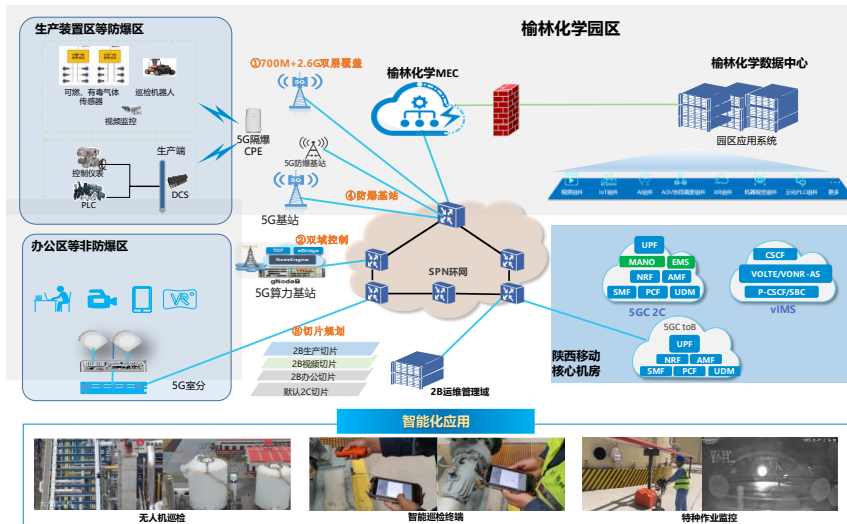
当前，传统石化和新兴煤化工行业面临着能源生产、消费格局深刻变化，在新一轮全球信息化革命的冲击下，

迫切需要转型为共享、协同、智能的发展新模式。榆林化学转型发展面临三大痛点：**一是**各类生产流程数据未打通，园区信息化建设自成体系，难以实现园区资源的统一监控和管理，生产效率较低；**二是**煤化工行业特有高温、高压、易腐蚀的特点，作业环境比较复杂，涉及易燃易爆及有毒有害物质，很多危害无法仅凭经验直接判断和预防，带来很多安全隐患；**三是**生产特种作业管理缺少有效的监控手段，作业过程中对施工人员视频监护及气体浓度监测存在数据实时性差、超标报警不及时、纸质记录不易留存等问题，缺少规范化、智能化、标准化、可视化的管理手段。为解决上述痛点，榆林化学、陕西移动、中兴通讯联合创新，基于“5G定制网+边缘云”赋能化工园区云网业一体化，助力煤化工行业的数字化转型，实现企业安全生产。

三、 案例技术路线

针对榆林化学公司工业园区生产管理安全、环境保护、效率提升等数字化转型的需求，以及园区公专网覆盖区域重叠、装置区内防爆、业务系统差异化等网络承载特点，构建了云、网、业一体化的解决方案架构。在平台方面，MEC边缘云下沉至园区，为控制类、视觉分析类业务提供低延时和高可靠保障，为工厂统一办公和管理、视频监控等业务提供边缘计算能力；在网络方面，采用700M+2.6G双频混合组网，部署高可靠、高速率、低时延园区专网，

实现公司园区内的 5G 无缝覆盖；在终端方面，通过定制化 5G 隔爆 CPE 实现生产装置防爆区巡检终端、无人机、摄像机等业务终端的数据接入。此外，为保障业务传输安全，针对工业园区 2C/2B 公专网覆盖重叠和融合网络接入的特点，定制化部署了 5G 双域专网，用一张 5G 物理网络，同时满足 2B/2C 用户双域接入控制需求，实现了园区 2B 业务终端仅能在园区接入，外来人员在园区内仅可访问外网的安全隔离。



整体解决方案图

四、 案例应用场景

● 5G 智能巡检：提高巡检效率和巡检质量

巡检人员利用固定测温测振仪记录设备运行参数，利用手持巡检仪记录设备运行环境，并依托厂区 5G 网络实时传输巡检过程数据。控制室人员在线查看巡检轨迹及巡检数据，通过调度台与现场巡检人员进行音、视频交互，并

根据巡检需求实时下发巡检指令，实现内外协同指挥作业，提升巡检效率。该场景设置了 122 条巡检路线，共计 848 个巡检点，15037 个巡检项，配置 260 台智能防爆巡检终端及温振传感器。该场景提升了数据实时在线率，装置巡检人员到位率 100%，巡检任务完成率 100%，提高室外巡检质量，保障生产装置安全平稳运行。



测温测振数据依托 5G 专网实时回传巡检平台

● 5G 无人机巡检：减少人员涉险，助力厂区安全生产

化工厂高塔、储罐、阀门和管廊高度密集，布置紧凑，关键巡检点多，巡检人员多采用实地查看方式，巡检过程易出现耗时长、频率低、信息不同步等问题。该场景利用搭载在无人机上的变焦相机、广角相机、热成像相机、激光测距仪等终端采集图像信息，自主识别并跟踪人、车辆、火炬、烟囱等目标，无需接触即可通过红外测温功能快速准确获取目标温度。巡检数据及画面通过 5G 低延时网络，实时回传到业务统一管控平台，便于控制室人员实时掌握现场设备及环境情况。该场景可实现控制室中在线监控高清化和巡检结果可视化，支持巡检数据分析、存档及回溯。

厂区巡检由原来的人工月巡检缩短到无人机周巡检，降低巡检时长，增加巡检频率，提高巡检效率。



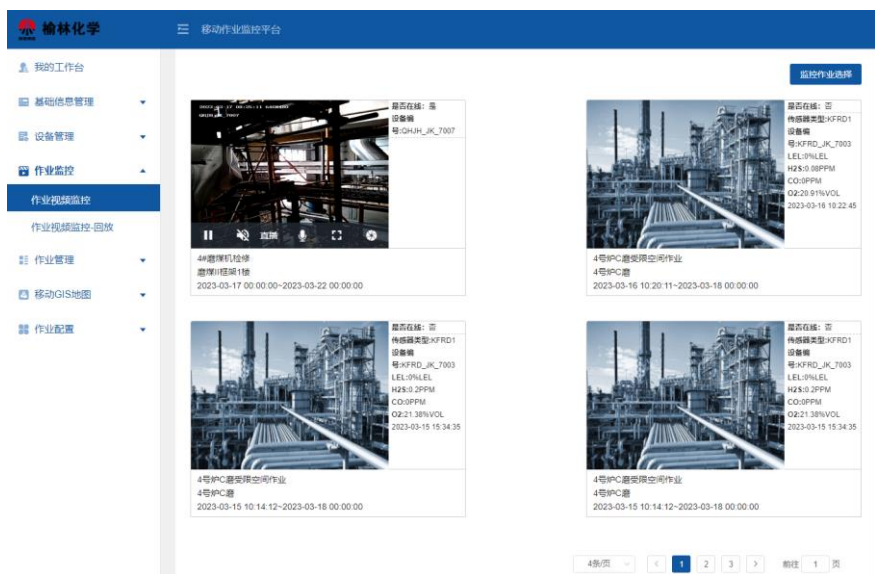
无人机巡检管廊及罐顶仪表阀门



无人机通过红外测温实现温度测量数据回传

● 5G+特种作业监控：及时发现安全隐患，促进安全生产

目前企业对特种作业过程、施工人员状态等缺乏有效监管手段。该场景基于 5G 的大带宽、低时延特性实现多路高清图像的实时传输；通过 5G 智能监控云平台，PC 端可管理设备和监测设备使用人，移动端可满足设备使用人随时随地监测特种作业场景需求。该场景结合 5G 技术及 AI 智能分析技术实现特种作业现场实时监管、作业动作识别、作业规范性识别等功能，一旦发现安全隐患则立即报警。该场景无需布线即可实现监测终端随时随地灵活部署，满足用户应急性、移动性监控需求，提升化工园区安全防护能力。



特种作业监控远程监控界面



特种作业监控榆林化学受限空间作业场景图

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

该案例利用 5G 应用实现管理效率和生产安全双提升，其中人力投入成本降低 20%，仪器仪表检测维护效率提升 30%，业务问题处理速度提升 20%。全国化工企业超 2.2 万家，重点化工园区 676 个，榆林化学以 5G 作为催化剂，为化工行业提供可复制可推广的 5G 应用方案，带动全国化工企业数字化转型。

（二）环境和社会效益

该案例依托 5G 应用实现技术创新和管理创新，加速企业数字化、网络化、智能化的转型进程，推动实现产业良性互动和协调发展。一是推进产业升级，提高发展质量和效益。持续探索 5G 在化工领域的应用，加大 5G 终端的部署规模，全力打造化工行业 5G 应用标杆企业；二是打造成熟产品，促进规模推广。该案例形成行业 5G 应用标准化技术和解决方案，助力企业实现无人化、少人化安全生产，为在行业内规模化复制推广奠定基础。

六、案例典型经验和推广前景

该案例以化工行业 5G 应用联合创新实验室为平台，依托国家重点研发计划项目，对工业应用急需的 5G 终端、5G 网络等进行关键技术测试评估与设备试验验证，成效显著。目前，已有 29 台 5G 专网监测探针、110 台温振传感器、110 台红外测温仪、10 台特种作业监控仪、260 台智能巡检仪、2 架无人机应用于公司生产装置巡检和消防应急应用，大幅提升巡检效率和巡检质量，减少人员涉险，助力企业安全生产。该案例为煤化工行业提供了可复制可推广的 5G 应用方案，对于化工行业数字化转型和安全生产具有指导意义。

六、智能制造与建造

31 河北黄骅港：5G 智慧港口创新应用项目

一、 案例概览

所在地市：河北省沧州市

参与单位：国能黄骅港务有限责任公司、中国联合网络通信有限公司智能城市研究院、中国电信股份有限公司沧州分公司

技术特点：基于“5G+北斗”、“5G+AI”等技术，打通生产控制环节最后一公里，实现5G在工业控制中的应用，把高精度位置信息、AI智能识别控制与装船机操控进行融合，解决全场景智能装船等技术难题，实现工业控制自动化、智能化、无人化

应用成效：泊位利用率提升15%，装船时间缩短25%，船舶满载率提升10%，生产率增幅3%

二、 案例基本情况

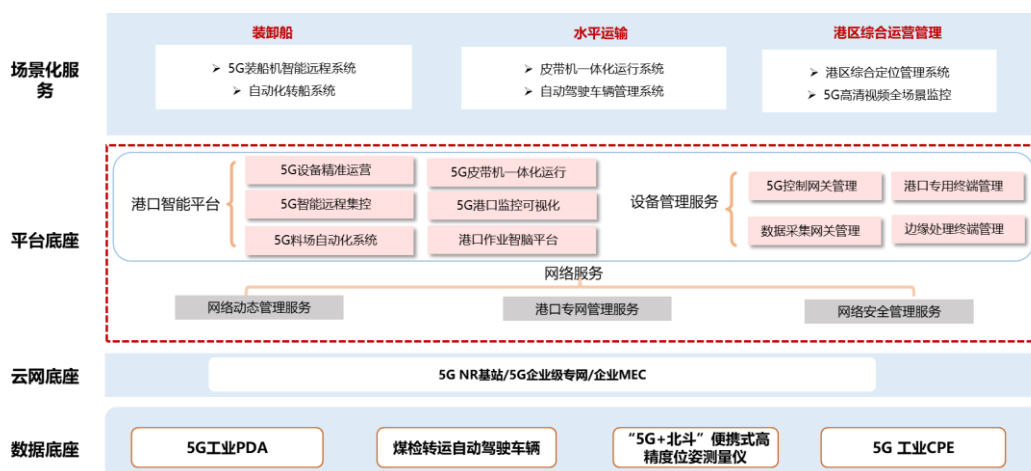
国能黄骅港务有限责任公司隶属于国家能源集团，是我国西煤东运、北煤南运的第一大下水港，吞吐量连续六年突破2亿吨。黄骅港以“建设绿色、智慧、高效、平安世界一流示范港口”为目标，致力于打造散货港口标杆企业。

现阶段，黄骅港处于由人工作业模式向自动化、全流程协同模式变革的阶段，面临着2个发展问题：**一是**码头智能化作业水平不高，目前码头主要依赖人工作业方式，现场的操作环境“变量”较多、来往停靠的船型多样，导致运营效率不高；**二是**大型装备人工操作难、安全隐患较大，装船机大臂移动精准要求更高、操作不当极易发生设备碰

撞，业务人员的工作强度较高且安全隐患大。为解决上述问题，国能黄骅港务、联通、电信等企业通过 5G 通信和光纤通信的冗余建设，支撑语音智能操控、自动化装船和无人化转运系统等系列应用，提升码头作业效率和安全性。

三、 案例技术路线

该案例聚焦数智基础设施建设，综合运用 5G、北斗、云计算、区块链、大数据等新一代信息技术，构建“平台底座、数据底座、云网底座”三个数字化底座，实现数字技术赋能。同时，同时通过聚焦智能生产、水平运输以及智慧运营等业务形成场景化服务。如基于“5G+北斗”“5G+AI”等技术，在生产控制环节打通最后一公里，真正实现了 5G 在工业控制中的应用，把高精度位置信息、AI 智能识别控制与装船机操控进行融合，实现工业控制自动化、智能化、无人化；建设基于“5G+北斗”的无人化转运系统，推动厂区自动化运营，减少人为干预，提升运营效率。

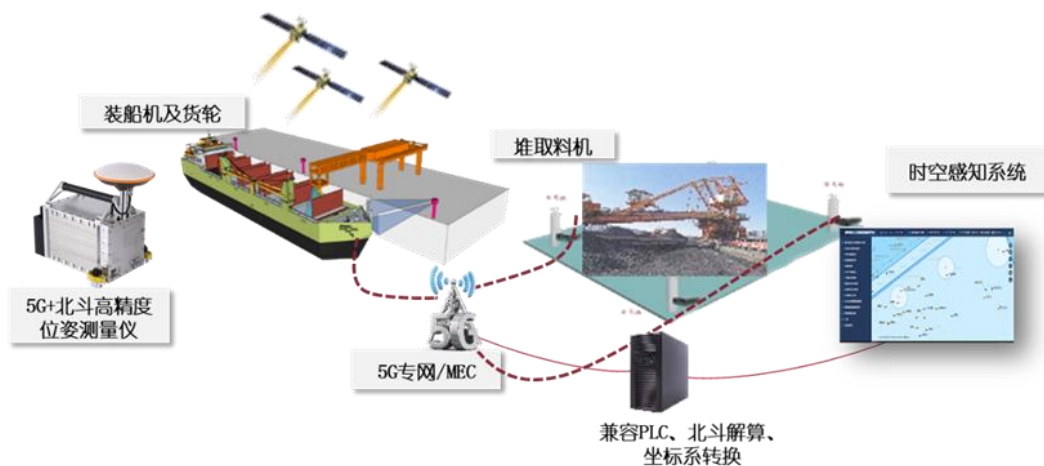


黄骅港智慧港口建设方案

四、 案例应用场景

● “5G+北斗” 自动化装船：助力无人化煤料装船

该场景通过在船舶上安装“5G+北斗”便携式高精度位置测量仪、在装船机大臂上安装移动站接收机，对北斗高精度定位数据和惯性器件测量数据进行精准采集，实现对港区复杂海况条件下货轮、装船机定位漂移现象的抑制，完成大型万吨级船舶位置、航姿（俯仰角、横滚角、航向角）及装船机位置、姿态（俯仰角、回转角）连续、稳定、高精度测量（定位误差小于 3 厘米、姿态误差小于 0.1° ）。基于 5G 行业虚拟专网实现敏感位置数据的边缘处理，并通过对接轻量化时空服务平台与港口业务逻辑总控系统，实现“船岸协同”的无人化煤料装载闭环控制。



“5G+北斗” 自动化装船

● 基于 5G 的装船机遥控：扩展遥控应用场景

该场景通过对基于智能穿戴终端的语音识别和装船机

语音指令识别，实现语音远控装船机。该场景作为自动化装船的补充措施，实现特殊场景下的远控装船。5G+边缘计算的服务模型将语音远控服务系统部署在 MEC 中，实现数据不出园区。作业人员在 AI 技术的辅助下，即可实现语音智能控制装船机，而工业 PDA 终端具有干预纠错功能，可进一步提高识别的准确率。



5G 装船机远控

● “5G+北斗”煤样无人化转运：助力智能化调度

在港口煤样无人化转运的应用中，以“感-知-传-用”为主线，通过集成 5G、北斗定位、AI 等先进技术，打造 L4 级无人驾驶煤样转运车辆。该场景构建了煤样无人化转运系统，并与煤质智能管控系统进行实时联动，支持车辆的智能化调度和智慧化运营，实现了煤样在装/卸货点位之间的无人化运输。基于“5G+北斗”时空服务能力，为车辆自动运行、装卸提供高精度位置数据，提升车辆自动化作业过程中自适应能力；基于智能算法，实现车辆调度最优化，最大化利用车辆运载能力，提升港口整体自动化水平和运营效益。



基于“5G+北斗”的煤样无人化转运

五、 案例主要成效

(一) 经济效益

该案例成果已在黄骅港 16 个无人化散货泊位得到全面应用，并在传统码头的自动化升级改造项目中得到了部分应用。该案例取得了良好的经济效益，根据统计，自动化装船系统可节约自有人员 20 人以上，减员率达 75%以上，泊位利用率提升 15%，装船时间缩短 25%，船舶满载率提升 10%。如果按产量提升 3%计算，产量累计新增近 500 万吨，2020 年 1 月至 2022 年底，3 年累计新增销售额 1.03 亿元。

(二) 环境和社会效益

在我国沿海地区，因海运所产生的 SO_2 、 NO_2 和 $\text{PM}_{2.5}$ 污染，占气态污染物较大比重。黄骅港智慧港口通过应用 5G 等技术，实现全港从翻堆到取装一体化生产模式转型，助力生产作业与装船环节工作效率大幅提升。单年大约可以减少 60 余次运输任务，按照当前每次任务约消耗柴油 7.5 吨来计算，黄骅港全年大约可以减少 450 余吨柴油消耗，即

每年可减少排放 NO₂ 1400 余吨，减少排放 SO₂ 达 9000 公斤。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例为煤炭港口技术升级迭代提供了基础平台，推进黄骅港 5G 通信在更高领域的应用，助力提高港口运营管理和综合服务能力。该案例基于“5G+北斗+AI”的全场景智能装船应用案例，形成了一整套适用于散货港口智能装船的技术方案，对于引领新一代自动化散货码头建设，创新散货港口生产运营模式，起到了积极的推动作用，具有很高的行业推广价值。

32 国核示范：国和一号 5G 智慧工地项目

一、 案例概览

所在地市：山东省威海市

参与单位：国核示范电站有限责任公司、上海核工程研究设计院股份有限公司、中国联合网络通信有限公司威海市分公司

技术特点：利用 5G、物联网、人工智能 AI、虚拟现实、大数据等新一代信息技术，对“人、机、料、法、环”等各关键要素进行监控和管理，改变施工项目现场交互方式、工作方式和管理模式，提升项目现场管理水平，重点提升项目安全管理能力、防造假能力及管理效率

应用成效：库区存储量增加 40%；日常投用人力节省 50%；预计降低损失及减少人力投入年均约 4000 万元

二、 案例基本情况

国核示范电站有限责任公司（简称“国核示范”）是国家电力投资集团有限公司下属二级单位，全面负责国家大

型先进压水堆核电站重大专项 CAP1400 示范工程的建设管理和运营，机组投产后预计年发电量 215 亿千瓦时，年产值可达 78 亿元。

当前，国核示范电站国和一号示范工程在核电工程建设阶段存在以下痛点：**一是**信息孤岛现象明显，现场安全信息管理系统为各承包商自行建设，系统之间数据无法交互流通；**二是**施工人员安防管控难，现场施工人员多、工种复杂，存在部分违章行为，同时由于现场人员定位精细度不足导致人员超范围作业无法识别告警。为解决上述痛点，国核示范、上海核工程设计院、威海联通等企业联合在国和一号项目现场开展 5G 技术和应用实践工作，建成全厂统一的安全质量管理平台，促进项目安全质量提升。

三、 案例解决方案

该案例解决方案包括网络层、应用层和展示层。在网络层方面，利用网络切片及 MEC 技术实现企业高质量的网络覆盖及数据资产本地化；在应用层方面，基于 5G 大带宽、低时延、广连接等技术，并充分利用移动互联、物联网、人工智能 AI、虚拟现实、大数据等新一代信息技术，汇聚多系统安全、质量、施工及物资管理等数据信息，实现智能化管理和分析，改变施工项目现场交互方式、工作方式和管理模式。通过对“人、机、料、法、环”等各关键要素的监控和管理，提升项目现场管理水平，重点提升项目

安全管理能力、防造假能力及管理效率，保证工程管理目标的顺利实现；在展示层方面，通过统一门户、移动 APP、现场大屏等实现工地现场的一体化管控。



国和一号基于 5G 的智慧工地系统架构

四、 案例应用场景

● 5G 智慧仓储：实现仓储管理无人化

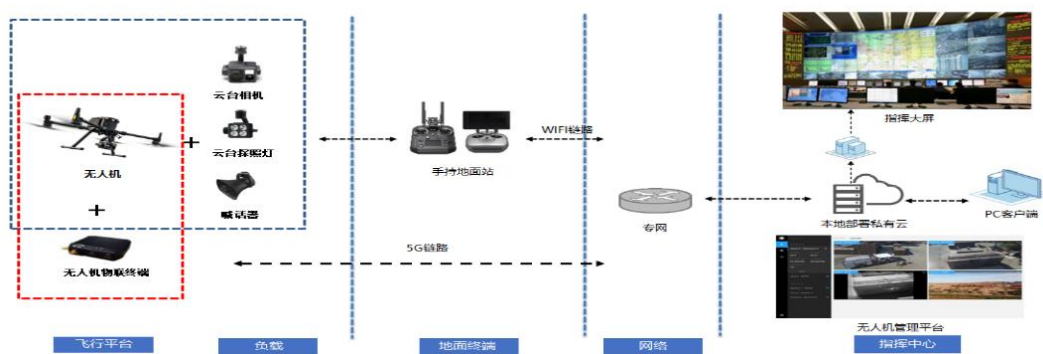
该场景利用 5G 低时延特性实现物流机器人的控制，结合物流机器人的自动入库存放、自动测量称重等功能实现智慧物流仓储。该场景引入“数字孪生”技术一比一实时展示库区状态，使业务数据清晰可见、库区管理触手可及。同时，该场景配套建设温湿度 On-line 系统、灯光拣选系统、智能仓库巡检系统及配套智能器具等，基于 5G 网络实现数据流通，促进仓储管理的效率提升。经对比测算，该场景实施后库区存储量增加 40%，日常投用人工节省 50%，仓储管理智慧化水平大幅提升。



基于 5G 的数字孪生仓储管理系统

● 5G 无人机系统：定时定点巡航保障现场安全

该场景通过部署 5G 无人机系统对厂区进行巡视和记录，无人机的控制和图像传输均借助 5G 行业虚拟专网实现。作业现场画面、无人机监控视频、图片实时通过 5G 网络传输到指挥中心显示大屏上并完成储存归档，对巡查视频或照片进行比对，一旦发现安全隐患则进行核实、处置。此外，指挥中心可利用 5G 网络低时延、大带宽特性远程操控现场无人机执行突发任务和边界巡逻。



5G 无人机系统架构图

● 5G 人员定位：实时跟踪现场人员轨迹

该场景利用 5G 行业虚拟专网将人员信息及时回传，如实时厂区人员分布、持卡人人信息、人员行动历史轨迹

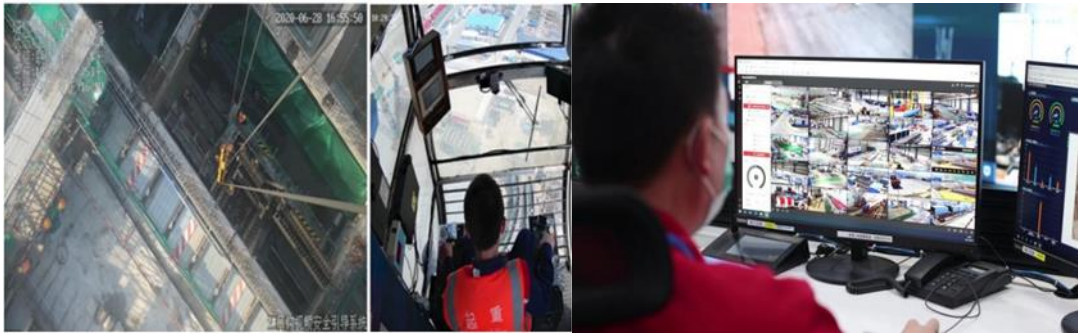
等，支撑实现全厂全时段人员监管和统计，有力督促各单位尽职履责。该场景通过定位卡的实时轨迹查询功能监控各方监督人员入场情况、作业地点旁站监督情况、文件记录代签补签的情况等，有效降低了质量记录造假的风险。该场景落地后实现降本增效，并有效规避“造数据、补记录、假报告”等造假违规行为。



5G 人员定位系统界面

● 5G 安全监控系统：全天候监督现场安全情况

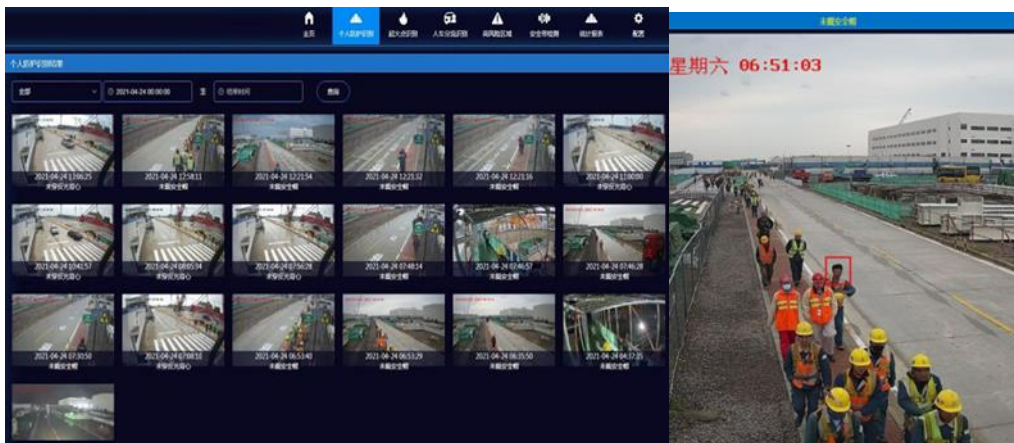
该场景利用 5G 网络大带宽特性，连接示范工程现场部署的 324 个（含吊钩可视化 24 个）摄像头，实现主要施工区域、道路、大型机械操作室、塔吊吊钩等作业面全覆盖，开通监控用户账户 669 个，基本应用到项目日常管理远程监督工作中，使现场工程安全监督人员可对施工活动进行远程监控、检查及记录。



安全监控系统界面

● 5G AI 图像识别：自动化识别现场 HSE 问题

该场景 AI 图像识别应用于现场 HSE 管理（健康、安全、环境管理体系），基于 5G 网络和视频监控及图像识别技术，开发并上线安全帽识别、防护眼镜识别、反光背心识别、工作服识别、人车分流识别、起火点识别、高风险区域入侵识别等功能。该场景实现全天候违规行为监督识别。该场景应用后共抓拍纠正各类安全违规 9696 项，承包商施工人员安全行为不断规范，人员违章率明显降低。



AI 图像识别界面

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

该案例 5G 应用场景开展一年，经统计 5G 施工现场视频监控系統累计发现和纠正各类安全隐患 5341 项，预计避免损失 1068 万；该案例 AI 识别系統共抓拍纠正各类安全违规 2705 项，规范施工人员安全行为，预计避免损失 541 万元；塔吊防碰撞累计发出提醒 2.5 万条，提高吊装作业安全管理水平，降低事故发生概率，预计避免损失 500 万元；VR 安全教育共开展体验教育、违章学习 3314 人次，预计产生效益 663 万元；质量影像记录对造假行为形成震慑和全程追溯，未发生造假事件，按产生一次造假事件造成损失 500 万元计算，避免损失 500 万元；总承包方现有承担全厂的安全、质量监督人员数量比依托项目（仅核岛总承包）要少 10%-20%，经测算节约相关人力成本 760 万元，预计年均降低损失及减少人力投入年均约 4000 万元。

（二） 环境和社会效益

核电工程的安全质量是核电行业发展的生命线，而核电工程建设人员多、工地面积大、工作面复杂、设备物资密集度高的特点给安全质量管理带来诸多挑战。

该案例技术成果已经在“国和一号”示范项目成功应用，其技术方案和创新成果已应用到 CAP1400 首台机组建设，并起到良好使用效果，为核电行业提供了智慧化、信

息化、现代化工地建设和管理经验。该技术创新成果为其他后续机组建设智慧工地提供了完整的可借鉴的解决方案，将助力提高核电建设项目工程管理的信息化、智能化水平，更好的保障核安全，为实现“双碳”目标做出贡献。

六、 案例典型经验和推广前景

该案例通过实践总结得到“智慧工地”建设的 5G 方案，拓展工程建设期间利用 5G 技术与业务需求结合开发新场景，形成可视化、平台化、标准化的国和一号“智慧工地”解决方案，为行业内同类项目的建设提供信息化设计指导，如标准系统建设、解决方案定制以及全局数据分析等，推动行业“智慧工地”建设发展。

33 天津海油工程：5G 智慧工厂项目

一、 案例概览

所在地市：天津市

参与单位：海洋石油工程股份有限公司、中国联合网络通信有限公司天津市分公司

技术特点：利用 5G+DIMS 系统，实现生产全流程的数字管控；利用 5G+环境监测，实现厂区设备及生产设备实时监测；利用 5G+人员安全，实现人员作业合规性监测；利用 5G+智慧仓储，实现仓库高效化管理

应用成效：切割工效提升 29%，甲板片下料工效提升 23%；工艺管线工效提升 22%；立库工效提升 15%，现场安全及厂区管理能力显著提升

二、 案例基本情况

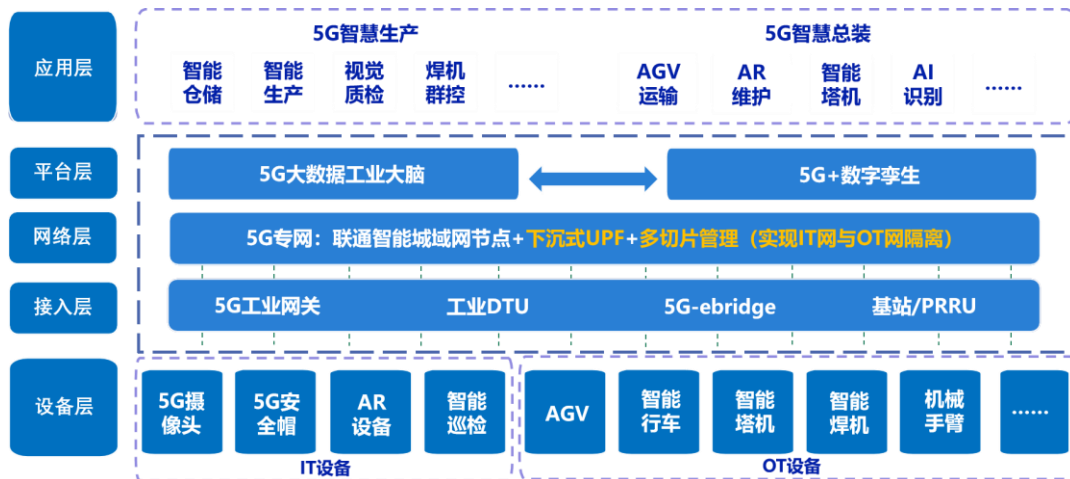
海油工程天津智能化制造基地，即海油工程天津 5G 智慧工厂，总占地面积约为 57.5 万平方米，海岸线长度约 1467.5 米，总建筑面积约 15 万平方米，主营海上钻井平台组块产品制造、LNG 模块建造等业务。工厂致力于发展为集海洋工程建造、油气田运维保障以及海洋工程创新研发等功能为一体的综合性智能制造基地。

海油工程天津工厂传统生产车间多采用人工装配工艺和传统工业以太网通讯模式，在数字化转型过程中存在两大痛点：**一是**生产数据碎片化严重，各环节协同性不足，导致生产效率低；**二是**生产涉及高空作业等危险环境，安全风险高。为解决上述痛点，海油工程联合天津联通、中兴通讯、天津大学等单位，利用 5G 网络的大带宽、低时延特性助力装备自动化和管理信息化，落地规划了多项 5G 应用并逐步建设 5G 智慧工厂，推进海洋工程装备向高端智能制造转型升级。

三、 案例技术路线

该案例采用“1+2+2+N”模式作为建设 5G 全连接工厂的总体架构，“一张 5G 专网”，即组建 SA（独立组网）制式的 5G 混合专网，作为智能工厂神经网络传输海量数据；“一个工业大脑”即基于集团公司大数据平台技术路线，构建处理能力强、易扩展、性能高的大数据工业大脑，作为智

能工厂神经中枢优化生产制造过程；“一个数字孪生平台”作为桥梁连接物理和虚拟世界，以“智慧生产”和“智慧总装”作为抓手，部署了“N个5G应用场景”，包括5G+DIMS系统、5G+智能仓储、5G+人员安全、5G+智能监测等N个应用场景试点建设。

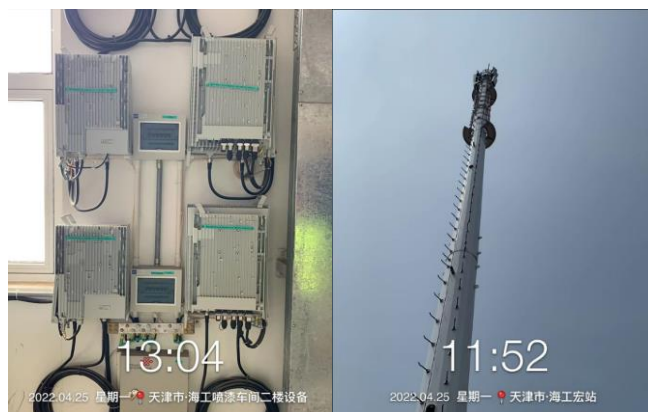


总体架构图

四、 案例应用场景

● 5G+MEC 组网：实现数据稳定安全传输

该场景已实现5G信号全覆盖，通过5G+MEC网络虚拟专网建设，实现5G终端在厂区内任何区域与核心生产、管理系统的高速、稳定访问；通过MEC平台的分流模块实现了企业生产和管理数据的本地分流，做到数据不出厂区，确保数据的安全性和私密性；通过网络切片保证通信质量和安全隔离，做到生产网络与公众网络分离，降低时延。



现场设备安装

● 5G+DIMS 系统：实现生产全流程的数字管控

传统生产制造过程中，由于设计、仓储与生产现场等环节涉及到的设备厂家之间通信协议不通，无法同时获得各环节的数据，存在数据孤岛问题。该场景通过更换设备传输数据接口或装配 5G 模组等方式改造现有生产设备，通过 5G 网络将各环节的数据传输到 DIMS 系统中，打通生产环节数据，员工使用 PAD 登陆 DIMS 系统即可快速接发数据，实现生产全流程的数字管控。该场景利用 5G 数据采集方式替换了车间人员伏案整理数据、项目管理人员现场监督的方式，目前已实现现场移动端的材料叫料、线边库管理、工作包接收、工单执行、质检、文件图纸查看、产线管理等多项功能，有效降低人力成本，提高管理效率。



5G+智慧生产可视化生产过程

● 5G+智慧仓储：完成智慧仓库建设

5G+智能仓储利用边缘计算、高精度定位、自动驾驶等技术实现了智能 AGV 和自动化立体仓库无缝对接，实现了 2500 平米范围内设备自动作业，2304 个货位的少人化作业减轻现工厂作业人员工作强度，提高产线作业能力，实现货物的自动搬运及智能仓储，实现少人化、智能化转型。



5G+智慧仓储

● 5G+智能 AI 监测：完成平台生产安全监测应用

该场景通过 5G 行业虚拟专网完成数据的内网高速传输、MEC 边缘计算部署，对项目关键位置的视频进行实时解码以及智能分析算法的调度，并及时上报分析结果，以实现项目施工现场的安全情况、施工情况、人员情况的实时远程监控指导。5G+智能 AI 监测以实现公司总装场地平台内部的实时智能监控为目的，能够做到平台建设施工期内，关键地点、房间、位置、设备、物料等的 24 小时智能监控。



平台实时监控

● 5G+智能安防：完成厂区智能防范功能

5G+智能安防主要完成厂区视频监控、出入管控系统、门禁系统、巡更系统、报警系统等功能，利用 5G 技术低延时、广连接特点，实现对厂区、研发楼、实验楼及各车间全覆盖的安防监控，保障人员财产安全，作业环境有序。

同时该系统还包括工作场所环境因素在线监测系统，建立和完善工作场所危害因素的测评、改善措施效果评估等各项环境管理工作。



全厂安防监控图

五、 案例主要成效

（一） 经济效益

海油工程天津 5G 智慧工厂总投资约 33 亿元，其中一期投资 25 亿元，已初步建成涵盖智慧车间、智慧总装、智慧仓储等环节的 5G 全连接工厂，并顺利通过了智能制造能力成熟度三级评定。工厂制造的渤中 29-6 油田平台，依托 5G 赋能智慧生产，打通图料优化匹配、工单精准派发、线上叫料及报检等关键智能制造流程，实现型钢切割下料工效提升 29%，甲板片装焊工效提升 14%，预制周期缩短 15%，甲板片构件一体化率最高达 98%，油漆完整率达 90% 以上，高空作业量减少三分之一，总装周期缩短 50%。

（二）环境和社会效益

海油工程积极践行“双碳”政策，努力实现“双碳”目标。**一是**运用数字化手段进行能耗管控，对碳排放进行追踪，如5G+环境监测系统主要是针对公司内部水、气、电、天然气等能源消耗的管理，经多次迭代后实现预测能源消耗、降低能源消耗、优化能源成本的目标。**二是**根据能源历史消耗数据和生产计划向客户制定能耗管控方案，该案例对海工5G智慧工厂未来所需求的水、电、汽等进行预测辅助水、电、汽计划的制定，降低客户在生产运行中各种能源的消耗，减少温室气体排放，优化能源配给使用。海油工程天津5G智慧工厂建成后，基地实现了能源动态监测及实时管控，采用光伏发电及废气治理新工艺，实现了基地的无纸化生产和海绵工厂水循环，未来将继续践行绿色低碳环保之路，建设5G智慧工厂。

六、案例典型经验和推广前景

该案例5G应用取得的经验包括三个方面：**一是**应用孵化。大力推动海洋油气装备智慧生产、智慧总装两大场景建成，完成12项5G应用落地，为海洋油气装备制造行业5G智慧工厂的打造提供了可推广、可借鉴、可落地的整套解决方案，助力海洋油气装备制造数字化转型；**二是**人才培养。建成海油工程实训教学基地，未来将针对行业所需焊接、切割、自控等技能进行仿真培训，并结合5G技术可

以实现异地培训，赋能行业复合型人才培养；**三是**合作方式。建立 5G 创新应用实验室，积极探索海洋油气装备制造行业的数字化转型之路，形成了以行业龙头企业为需求、5G 运营商为保障、知名高校与科研院所为支撑、相关企业为配套的 5G 智慧生态的全新模式；**四是**规划推广。该案例在海工天津临港基地建成投产，未来将在青岛、珠海基地进行复制落地，并计划与海工 5G 创新实验室合作发布海洋油气装备制造行业的 5G 全连接工厂建设成果，赋能行业数智化转型。

该案例为我国油气装备行业智能工厂建设产生典型示范带动效应，为同类型企业打造了可复制可推广可借鉴的 5G 智能工厂新模式，促进了海洋油气装备制造转型。