

## 案例 50 南露天煤矿 5G+无人驾驶系统

主要完成单位：新疆天池能源有限责任公司

### 一、主要建设内容

#### （一）建设情况

天池能源与易控智驾、中国移动、中兴通讯多方联合，开展露天煤矿无人驾驶关键技术和铲、运、装协同无人化自主作业示范应用。项目现已投入无人驾驶矿卡 31 台、挖掘机 5 台、指挥车 5 台及配套辅助设备；全矿配套建设 5G 基站 35 座，并开展了矿用卡车无人驾驶系统的研发和现场重载测试，实现了无人矿卡的智能感知、自主决策与控制、智能调度等功能（图 1）。



图 1 无人驾驶技术架构图

区别于其他无人驾驶局部模拟测试或非满载测试，本项目实现了与有人驾驶作业同工况、同等作业条件、真实参与矿山采剥工程，于 2021 年 3 月实现 100% 重载作业，2022 年实现无人驾驶四编组 24 小时常态化运行（无安全员），与传统有人驾驶车队共同承担矿山剥离运输作业，无人化生产效率已经达到人工生产效率的 90% 以上。截至 2022 年 10 月底，累计运输土石方量 427.3 万 m<sup>3</sup>，累计运营里程 77.9 万 km，单一矿山无人驾驶规模、作业量全国领先，运营效果好。



图 2 无人驾驶运营数据看板



图 3 无人驾驶车辆编组作业图

## （二）主要内容

本项目利用基于 5G、工业互联网技术的超高速率、高带宽、低时延等关键技术特点，构建了 5G 网络通信系统、调度指挥平台、远程监控操纵系统等无人驾驶三大模块；开展无人驾驶车辆的精确定位、安全监测、自主感知、主动避障、故障检测等关键技术的研发，在天池能源公司下属露天煤矿进行示范应用与推广。

## （三）工作经验

“用户+服务商+5G 运营商”的合作模式，使无人驾驶系统与车辆具有最佳的适配性，具备了智能控制、车辆信息实时上报等功能，实现了高效运营和精细化管理，走在了行业前列。矿区无人驾驶的大规模商用，将为矿区运输生产工艺本身带来颠覆性变革，并将带动相关生产领域转型升级。

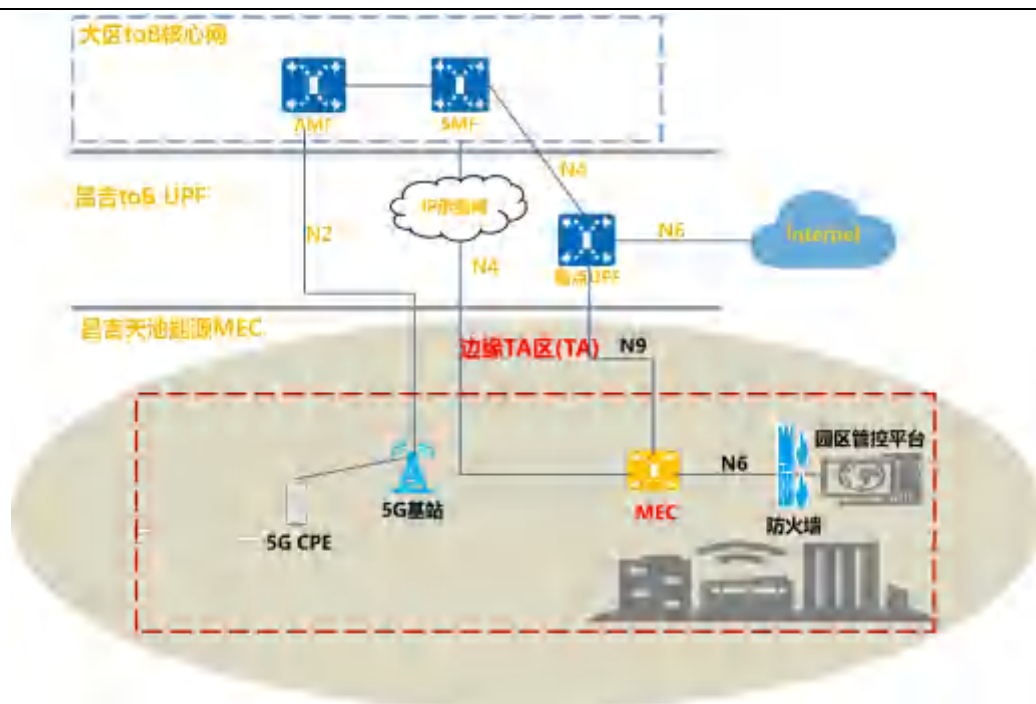


图4 网络通信系统架构图

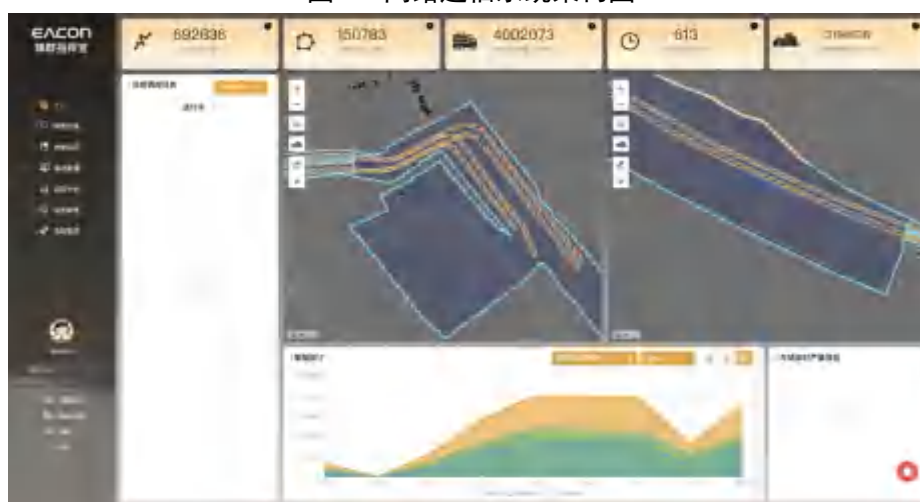


图5 调度指挥平台操作界面



图6 视频监控系统架构



图 7 视频监控画面



图 8 5G 车辆远程操纵系统使用场景及界面

## 二、技术特点及先进性

### （一）技术特点

#### 1. 采用多项先进技术手段提升 5G 应用效果

面向露天开采行业网络特性需求，采用针对多场景、多波形的新型载波技术、极化编码调制方案、Massive-MIMO 系统、灵活双工和全双工与双 160M 共模设备、智能基站节能技术等先进网络技术，建成满足露天煤矿典型应用场景的高质量网络。

#### 2. 基于模型可解释性的机器状态识别技术

利用监督式学习模型，综合标签化图像样本和生成数据，引入预测残差驱动

模型提高输入信号信噪比，同时引入 bag-of-feature 技术突出局部特征并降低系统和环境的全局性干扰。从模型解释性理论出发，利用预测精度、描述精度和相关性、类别区分能力等指标形成算法有效性和可解释评价体系，保证模型的泛化推广能力和预测结果的解释能力。

### 3.基于深度物体检测的人体检测技术

改进了全卷积两阶段物体检测方法的精度，在 R-FCN 的检测框架基础上，通过使用可分离的大卷积，使全卷积物体检测具有了更大的有效感受野和全局的上下文信息。进一步使用 Light-Head R-CNN 算法，同时提高检测的效率和准确率。

### 4.针对大规模生产环境的“云+边”协同行业云平台

采用边缘计算与云计算相结合的技术路线，通过建立“云+边”的新型系统结构，边、云协同，同时提高算力和推理实时性，支持模型快速迭代及评估验证。

#### （二）适用范围

适用于露天煤矿生产运输环节，采用行业通用协议。

#### （三）技术先进性及成熟度

本项目将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、5G 等技术与无人驾驶深度融合，以工业互联网架构开展智能煤矿总体设计，形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的无人驾驶系统，确保解决方案的先进性和成熟性。项目方案合理，可灵活裁剪与配置，复制性强，部署成本适中，效率提升显著，适用范围广，具备突出的推广应用价值，对于提升煤矿安全生产水平、保障煤炭稳定供应具有重要意义。

#### （四）技术装备情况

性能稳定，已达到行业领先水平，国产化程度达到 100%。

## 三、智能化建设成效

露天煤矿碳排放主要产生于生产运输环节，通过应用以无人驾驶技术为主的智能化技术，降低了生产运距、行驶油耗，使露天煤矿碳排放水平降低了 10%左右；同时，有效避免因司机水平差异造成的油耗损失和设备损耗，核心的智能调

度模块预计提升整体生产效率 10~30%，按照 1000mt/a 生产规模计算，每年可多开采 100~300 万 t 原煤，年经济效益预计大于 3 亿元。

以无人驾驶为代表的一系列人工智能技术和装备，提升了企业的生产效率、降低生产成本，使产业工人远离危险恶劣的工作环境，从根本上加强职业健康安全防护，提高安全感和幸福感。项目促进了区域传统能源产业的发展，保障了新疆准东地区优质煤炭资源的稳定供应，推动了新疆地区优势资源转换战略的实施，项目技术先进、应用效果显著、可复制推广性强，具有较强的示范作用。