

## 案例 2 大海则煤矿 700MHz&2.6GHz 多频段云网融合系统

主要完成单位：中煤陕西榆林能源化工有限公司

### 一、主要建设内容

5G 作为新一代移动通信技术，具有高速率、低时延等特点，满足了工业领域数字化、网络化、智能化需求，有力支撑了采矿行业的安全生产、提质增效、转型升级。本项目以在大海则煤矿智能化建设中的实际应用为基础，进一步推广“5G+煤炭”的融合发展模式。项目以研究 5G 多频段融合组网和应用为核心，旨在解决煤矿井下信号传输延迟，信号多样性，工作面设备布置繁多，采掘工作面拐弯、上山/下山环境起伏等死角覆盖难题。主要研究内容包含两方面，一是 5G 700 MHz+2.6 GHz 频段的研究，包括在大海则矿实施不同频率井上、井下覆盖的建设，5G 700M 基站仅接入本地专网核心网，提供专网 5G 覆盖服务，5G 2.6G 基站采用 MOCN 方式同时接入本地专网核心网和运营商公网核心网，提供公/专网两种方式的 5G 覆盖服务，实现基于覆盖规则进行全矿井井上/井下 5G 信号覆盖；二是云网融合技术的研究，内容为基于业务需求和技术创新并行驱动的创新型 5G 网络架构，使云和网高度协同，互为支撑，互为借鉴，要求 5G 承载网络可根据各类云服务需求按需开放网络能力，以云网融合平台（含 i5GC 和 IMS）基础设施来保障低时延、高可靠、大带宽的网络能力，实现网络环境（5G、WiFi、IOT 等）与虚拟化服务的快捷打通、按需互联，支撑远程控制、智能终端、移动巡检机器人等煤矿智能化应用。

5G 多频段（700 MHz+2.6 GHz）融合组网的建设完成，降低了整体的组网成本，提升了网络安全性的同时赋能工业控制、融合调度等应用。通过前期调研及规划，在大海则煤矿建设 5G 无线通信网络，实现大海则煤矿地面及井下无线信号无盲区覆盖和其他井下巷道部分无线信号覆盖，构建矿山“多元化”云网融合平台，为未来无人驾驶、自主导航运输、无人采掘、远程工业控制等应用提供低时延、广连接、大带宽的技术保障。

（一）第一阶段

建设井上井下 700 MHz+2.6 GHz 融合组网系统；基于 i5GC 核心网部署 1 套云网融合平台、1 台 SPN、1 台 BBU、3 台 PB、20 套 pRRU 等设备实现中央变电所、井底车场、换装硐室、2 煤南翼辅助运输大巷、20101 首采工作面、地面工业广场办公区及洗煤厂等区域 5G 无线网络覆盖。实现了全矿井 5G VoNR 通信及云网融合，首次构建了基于新型云网架构的矿井“一网管控”，矿山“多元化”云网融合平台拓扑图如图 1 所示。研究出适用大海则井下通信的 5G 700 MHz 频段和 2.6 GHz 融合技术，并成功举办大海则煤矿 5G 700M 融合网络全球发布会，如图 2 所示。

（二）第二阶段

在井下北翼辅运大巷、南翼胶运大巷、井下 20201 工作面等区域建设 5G 基站及传输设备，进行全矿井无死角覆盖。为大海则煤矿开展“5G+”虚拟交互应用、无人驾驶、智能穿戴装备、智能巡检、采煤机、掘进机智能化等应用。在大海则煤矿地面工业广场共规划 2 套 2.6 GHz 宏站和 2 套 700 MHz 宏站，其中 1

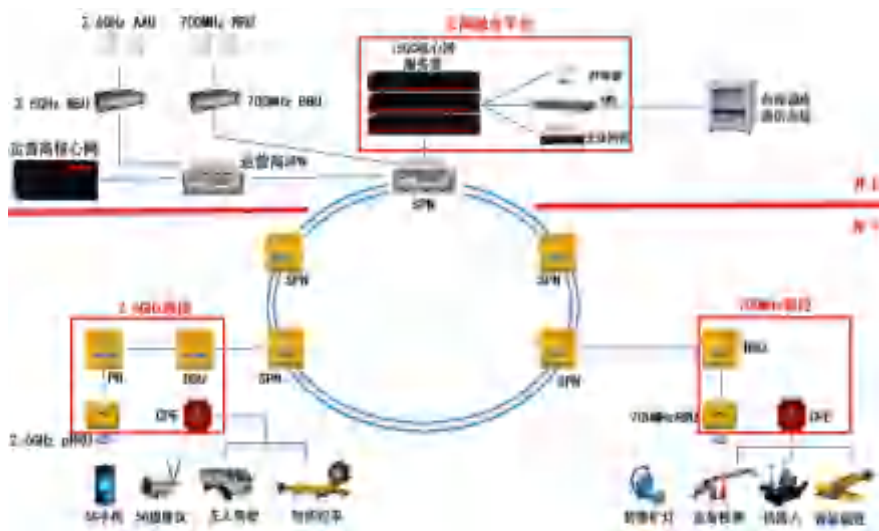


图 1 矿山“多元化”云网融合平台拓扑图



图 2 大海则煤矿 5G 700M 融合网络全球发布会

套 2.6 GHz 宏站和 1 套 700 MHz 宏站位于大海则煤矿厂区,1 套 2.6 GHz 宏站和 1 套 700 MHz 宏站位于大海则煤矿选煤厂,建设完成后可实现大海则煤矿办公区、选煤厂等区域的 5G 覆盖。SPN、BBU 安装在大海则煤矿机房,大海则煤矿厂区 AAU 安装在新建办公楼旁铁塔,选煤厂 AAU 安装在选煤厂内 30 m 单管塔上,通过光纤分别连接到厂区和选煤厂 AAU;700 MHz BBU 安装在大海则煤矿机房,大海则煤矿厂区 700 MHz RRU 安装在办公楼楼顶,选煤厂 700 MHz RRU 与 2.6 GHz AAU 共同安装在选煤厂内 30 m 单管塔上,通过光纤分别连接到厂区和选煤厂 RRU 上。

大海煤矿通过 5G 井下 2.6G+700M 无线网络全覆盖建设,运用 700M 频段高穿透、强绕行的技术特性和 2.6G 频段上行带宽的特点,满足煤矿井下生产高可靠、数据不出园、业务安全隔离、低时延、大带宽等诉求。在智能采煤方面,通过云网融合平台实现人员位置信息、设备位置信息、设备状态信息的实时监测。运用云网融合技术将 5G、WiFi、有线网络等多频、多网进行融合,满足矿区多网段、多协议组网,减少基站和射频等设备的投入,逐步实现少人化、无人化采矿,从整体上降低了生产成本,在矿山领域具备较强的经济效益及实用价值。

## 二、技术特点及先进性

“基于 5G 在煤矿深部复杂环境下的智慧安全开采研究和应用”项目在大海则煤矿全矿井进行应用。该套 5G 700M+2.6G 频段融合通信系统在使用期间各项

功能运行正常，能够采用 5G（700 MHz+2.6 GHz）多频段创新型融合组网，实现了煤炭行业首次 5G 多频段融合独立专网的组建。全矿井采用 MOCN 技术实现专网+公网无缝衔接，完成了全国首次“一张卡”在两矿区多网段下的 5G VoNR 专网互通，实现了真正的 5G HiFi 级的超清语音通话。同时，大海则煤矿运用云网融合技术，实现了国内煤炭行业首次 5G 独立专网+4G+WiFi+IOT+有线调度多网元融合通信。三个“全国首次”保障了大海则煤矿智能化建设的先进性。

#### （一）5G VoNR（HIFI 级别超清通话）井下首通

5G 700M+2.6G 专网建立，打通井下第一通 VoNR 电话业务；相比较于之前 4G 的 VOLTE，5G VoNR 采用了 EVS 技术实现了人的听觉范围全带宽的编码，有效提升语音通话的音质到 HiFi 的级别。

#### （二）MOCN 首次赋能煤矿融合通信

井下首次采用 MOCN 方式(Multi-OperatorCoreNetwork)指一套无线网络可以同时连接到多个核心网节点，实现专网+公网无缝衔接，5G 通话与地面公网对接互通。CN 节点属于不同运行商，共享无线网络资源，允许各个运营核心部署 Iu-Flex，内部的各个 CN 节点形成 CNPool；同一个共享区域中的手机终端将由 RAN 路由到各自签约运营商的 CN。

#### （三）煤炭行业首次采用 5G 700M 频段

煤炭行业首次采用 5G 700M 频段；覆盖能力强、绕射能力强、传输损耗低，提升井下覆盖范围。采用 FDD 与 TDD 传输融合模式，有效通信距离较传统 5G 单频组网提高了 4~6 倍，有效覆盖范围达到 1600~1800m。解决井下大巷数据业务需求不高且容易造成无线资源浪费的痛点问题，既能满足巷道内数据和通话业务，又能减少部署成本。

### 三、智能化建设成效

大海则 5G 700M+2.6G 多频段融合组网建设项目，运用 700M 频段低延时、低频、高穿透、强绕行的技术特性，增加南北翼大巷的有效通信距离，运用 2.6G 上行带宽的特点来满足采掘方面的需求，二者结合实现复杂工况环境的低成本 5G 全矿井覆盖。将 5G 2.6GHz 频段结合 700 MHz 频段，井下网络有效覆盖范围

可达 600m；提升绕射和穿透能力，有效解决采掘工作面拐弯、上山/下山环境起伏等死角覆盖问题。与 700M 相比，同等技术条件下其他频段站点数量：2.6 GHz 多约 3 倍、3.5 GHz 多约 3.5 倍、4.9 GHz 多约 12 倍，用 700M 组网的成本会有效降低矿山 5G 组网建设成本 40%。在大海则煤矿运用云网融合技术将 5G 700M&2.6G、WiFi、有线网络等多频、多网进行融合，满足矿区多网段、多协议组网，可减少基站和射频等设备的投入成本。