



中移(上海)信息通信科技有限公司

主标题：中国移动 5G 智慧矿山测试床

副标题：5G 赋能智慧矿山

引言：为加快推进煤炭行业供给侧结构性改革，推动智能化技术与煤炭产业融合发展，提升煤矿智能化水平，国家发展改革委、国家能源局、应急部等八部委联合印发《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》。指导意见指出，到 2021 年，建成多种类型、不同模式的智能化示范煤矿，初步形成煤矿开拓设计、地质保障、生产、安全等主要环节的信息化传输、自动化运行技术体系，基本实现掘进工作面减人提效、综采工作面内少人或无人操作、井下和露天煤矿固定岗位的无人值守与远程监控。到 2025 年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成煤矿智能化建设技术规范与标准体系。到 2035 年，各类煤矿基本实现智能化，构建多产业链、多系统集成的煤矿智能化系统，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。

中移(上海)信息通信科技有限公司（中移（上海）产业研究院）是中国移动通信集团的全资子公司，自成立以来，立足上海、辐射全国，面向交通、工业能源、金融三大行业方向开展深入行业技术、平台、产品、解决方案研发，以信息化、智能化为杠杆培育新动能，储备通用行业信息化能力，支撑中国移动在 5G 时代的垂直行业的市场开拓和发展。中移（上海）产业研究院积极布局智慧矿山行业的关键能力，参与矿山行业相关标准制定，结合自身优势推出“公网专享+用户专网”双 5G 核心网，现已形成“1+1+N”智慧矿山整体解决方案，可为矿山行业客户提供端到端一体化服务。同时联合业内龙头共建开放共享的新型产业生

态圈，形成成熟的产业合作模式。公司已在山西、内蒙落成多个智慧矿山试点示范项目，不断实现技术创新，填补了国内 5G 技术场景应用空白，更加快了矿山行业智能化升级的速度。

一、项目概况

智慧矿山是基于现代智能化理念，将工业互联网、云计算、大数据等与现代矿山开发技术深度融合，形成矿山全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的完整智能系统，实现矿井开拓、采掘、运通、分选、安全保障、生态保护、生产管理全过程的智能化运行。5G 网络以其大带宽、低时延、广连接的特性与矿山领域数据采集及智能控制的场景契合度非常高，是打造智慧矿山的基础条件。中移(上海)产业研究院基于自身技术创新能力及行业经验积累，自主研发智慧矿山融合管控平台（中国移动矿山工业互联网平台），平台打造智慧决策、生产管理、安全管理、移动应用等功能模块，打通专业子系统之间的数据通道，为行业客户实现综合管控、数字化运维提供使能。同时结合 5G 技术优势，为行业客户提供端到端一体化智慧矿山服务。

1. 项目背景

麻地梁煤矿为内蒙古智能煤炭有限责任公司旗下矿山，2019 年内蒙古智能煤炭有限责任公司被列为内蒙古自治区第一批试点示范智慧矿山企业，拉开了麻地梁煤矿智慧矿山建设的序幕。

中国移动通信集团内蒙古有限公司作为内蒙古地区最大通信运营商，在 5G 时代携手中移(上海)产业研究院发力矿山行业，将 5G 引入到智慧矿山建设中去，利用 5G 新技术赋能智能矿山，为智能矿山建设增添新动力。

2. 项目简介

为了更好地实现智慧矿山建设，内蒙古智能煤炭有限责任公司与中国移动一起对麻地梁煤矿现状进行了充分调研，同时与国内智能矿山建设科研院校单位等密切合作，最终制定了符合麻地梁煤矿现状的方案，并在 2020 年底开始建设实施，在 2021 年完成智慧矿山初步建设。

3. 项目目标

本测试床主要基于中移(上海)产业研究院自主研发的矿山工业互联网平台,落地井下融合组网、高清视频监控、5G 机器人巡检、5G 井下无轨胶轮车无人驾驶、5G 无人化采掘 5 大场景,验证 5G 网络技术在智慧矿山行业的应用的可行性、可靠性和必要性。形成可规模复制推广的智慧矿山解决方案,切实解决矿山行业智能化升级过程中面临的数据采集不完整、无 AI 辅助决策手段、缺失边缘计算能力、设备监管与控制手段待升级等问题。

二、项目实施概况

本测试床应用在矿山行业采、掘、机、运、通、综合等各个业务环节,涉及井下融合组网、高清视频监控、5G 机器人巡检、5G 井下无轨胶轮车无人驾驶、5G 无人化采掘等应用。

1. 项目总体架构

本测试床架构图如图 1 所示,中国移动上研院以 5G 行业专网为基础,打造“1+1+N” 5G 智慧矿山整体解决方案。1 张行业专网包括露天移动专网和井下融合专网,实现矿山高瓦斯、高辐射等复杂环境下的高品质 5G 网络覆盖,实现多网融合、超大带宽、超低时延、海量接连。1 个平台是指借助中国移动矿山工业互联网平台,可接入矿山设备并集成矿山各业务子系统,实现有效整合、集中管控,及时处理、指导和调节矿山各生产系统和环节运行,为 5G 智慧矿山提供开放统一的平台支撑和服务。N 大应用场景是指聚焦无人化采掘、井下融合组网、高清视频监控、无轨胶轮车无人驾驶等重点场景,提供一体化服务,助力提升矿区本质安全与生产效率。



图 1 测试床总体架构

本测试床符合 AII 工业互联网总体架构 2.0，本测试床架构验证了 AII 总体架构中的功能架构，包括网络体系架构中的网络互连、数据互通，平台体系架构中的边缘层、PaaS 层和应用层功能组成，安全体系架构中的隐私数据保护等。

2. 测试床方案

(1) 网络方案

本测试床提供井上及井下的 4/5G 网络覆盖，部署 MEC 打造 5G 专网，实现端到端的按需定制，与互联网物理隔离，在内部即可实现与云计算同样的数据计算，保证数据无链路可上传至公网，完全杜绝数据泄露的可能性。

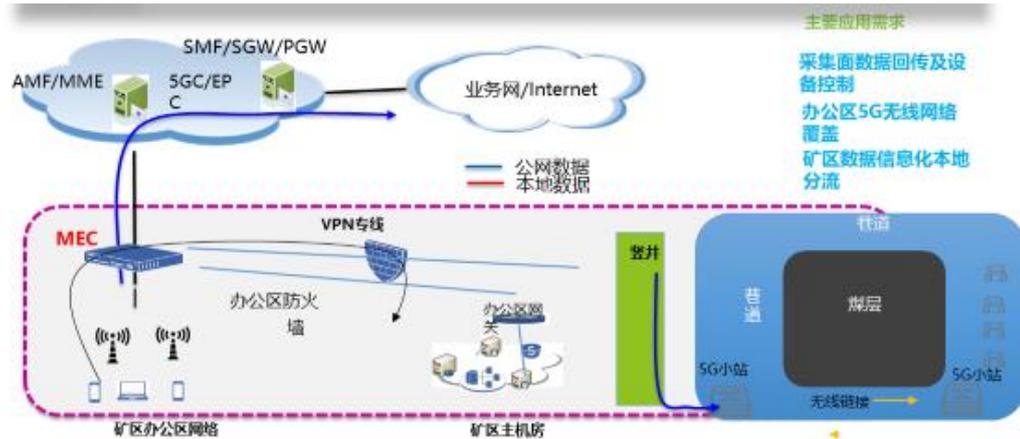


图 2 测试床网络方案

(2) 平台方案

中国移动矿山工业互联网平台可接入测试床矿山设备并集成已有矿山行业子系统，打通信息孤岛，实现各系统之间的互通互联，提升信息传递效率及准确性、优化人工处理过程、减少危险作业区域人员数量、提升生产效率和经营管理水平，建成集资源的数字化管理，面向智能决策、生产管理、安全监控于一体智慧矿山融合管控大脑。

中国移动矿山工业互联网平台可提供智能决策、生产管理、安全管理等典型业务应用，智能决策提供矿山的三维信息综合管理、矿山数据分析、智能联动服务；生产管理提供采煤机等井下设备的生产监视与控制、生产调度；安全管理提供采煤机等设备的安全监控和安全巡检；另外，平台还提供其他桌面及移动应用等功能，提升矿山生产效率、降低安全风险，支撑矿山智能化发展。

中国移动矿山工业互联网平台通过对矿山“人、机、环”数据进行精准化采集、网络化传输、规范化集成，实现可视化展现、自动化操作和智能化服务的矿山智慧体。



图 3 测试床平台方案

3. 具体应用场景

应用 1：井下融合组网

利用 5G 与已有网络建设融合，解决井下融合组网问题，适应井下复杂的工作环境，并最大化复用已有网络投资。将移动 5G 基站引入井下，融合 4G、光纤环网、WiFi 等技术，实现井下巷道各区域的无线覆盖，保证端到端安全、可靠、稳定，满足基本通信需求的基础上，赋能生产环节，同时联合合作伙伴提供与网络强相关的智慧融合通信管控平台，实现矿山行业语音、视频、数据的统一接入、调度、管理、联动及矿山融合组网的统一管理。

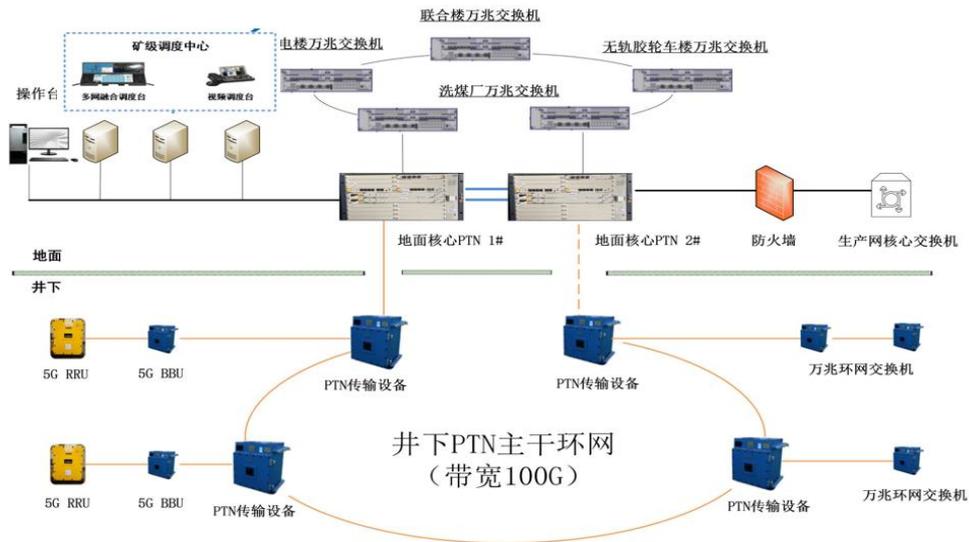


图 4 测试床井下融合组网应用方案

应用 2：高清视频监控

利用 5G 大带宽、低时延的特点，通过井下高清视频采集终端实时采集高清视频并回传至地面监控平台，并基于机器视觉技术实现人员行为异常、设备故障、环境突发等不安全因素智能识别。麻地梁智慧矿山利用 5G 大带宽特性，配套自动除尘高清摄像头，实现井下综采、掘进工作面以及其他监控场景多路高清视频监控回传，助力井下透明化，实现地面控制中心对井下采掘情况实时监控。



图 5 测试床高清视频监控应用方案

应用 3：5G 机器人巡检

5G+机器人巡检以防爆智能机器人巡检为核心，整合机器人技术、设备非接触检测技术、多传感器融合技术、模式识别技术以及导航定位技术等，能够实现煤矿井下配电房、水泵房、输送带全天候、全方位、全自主智能巡检和监控，有效降低劳动强度，降低煤矿井下配运维成本，提高正常巡检作业和管理的自动化和智能化水平，实现真正的无人化值守。

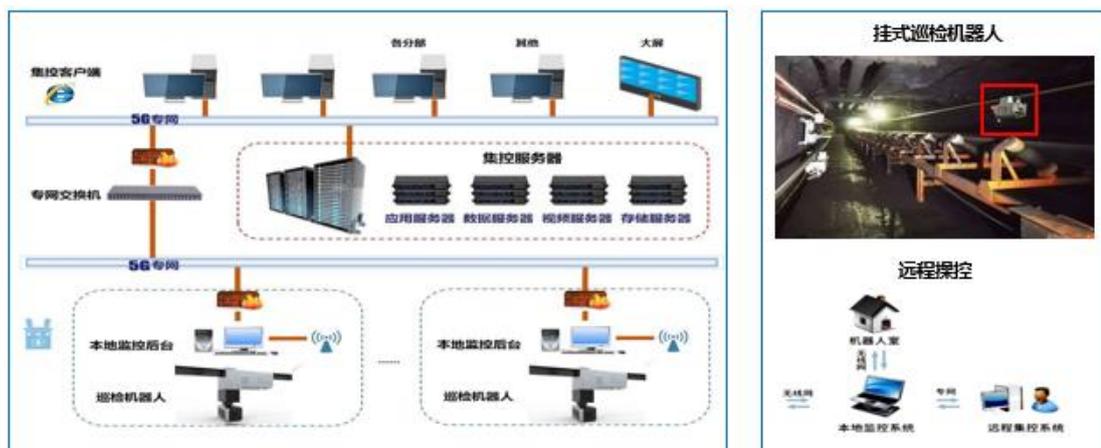


图 6 测试床 5G 机器人巡检应用方案

场景 4：5G 井下无轨胶轮车无人驾驶

矿区无人驾驶依托于 5G 专用网络，在无轨胶轮车本体加装激光雷达、毫米

波雷达、高清摄像头、差分 GPS 定位等数据采集终端和车辆控制终端实现无轨胶轮车改装工作，基于边缘计算能力和矿山无人调度系统平台，利用无人驾驶感知模块、地下矿区 RTK 定位方案以及无人驾驶控制系统实现无轨胶轮车无人驾驶。

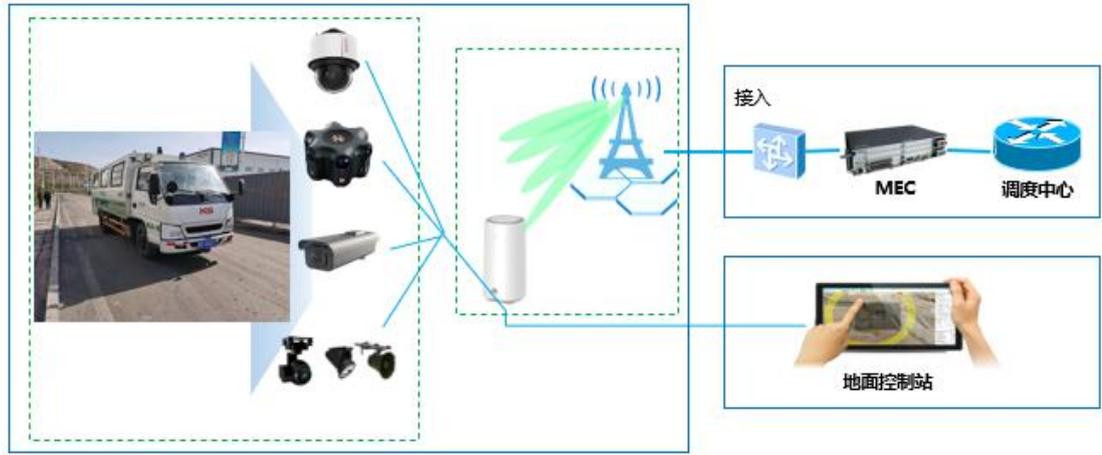


图 7 测试床 5G 井下无轨胶轮车无人驾驶应用方案

场景 5：5G 无人化采掘

基于 5G 专用网络，在井下采煤机远程控制本体加装 5G 工业级模组、远程操控系统及配套的控制传感以及视频监控终端，替代原先 5G+CPE 的过渡方案，同时基于远程控制操作台和视频监控平台，实现井下采煤机真正的 5G 远程操控，一键启停，成为改写煤炭行业发展历史的创新成果。



图 8 5G+无人化采掘系统示意图

4. 安全及可靠性

测试床设计充分考虑到设备安全、网络安全等需求，采取了隔爆改造、成环境保护、备份冗余等设计措施，整体专网可靠性达到了 99.999%，且实现了传输自

愈性和通信自交换性。

1. 终端安全防护

本测试床下井设备均通过防爆及煤安认证处理，满足井下终端安全需求。

2. 网络安全防护

测试床网络方案采用 5G SA 网络架构，依靠 5G 边缘计算及切片能力，满足客户视频专网、应急通信特殊业务可靠性优先保障需求。为满足矿山数据不出矿需求，本测试提供 5G 专网尊享模式，通过专用基站、专用频率、超级上行等手段实现定制建网。

同时，本测试床充分考虑 5G 与现网 LTE 的切换保障、系统链路冗余等措施，主要设备在停电的情况下应有至少 2 小时的续航能力，当设备出现故障后，能实现容灾备份保障业务不中断，建议与大网系统间组成资源池，实现容灾自动切换

3. 全网态势感知

通过安全数据采集，数据挖掘、机器学习等技术，实现态势感知监测预警，做到全网安全情况的可观、可测、可控。

5. 其他亮点

1、井下高精度同步授时

针对井下无法使用卫星定位系统进行精准授时的问题，采用网络授时技术，完成高精度同步授时。

2、超千兆大上行：

原有普通 5G 网络仅能实现上下行时隙配比为 2:8 或 3:7，即大部分带宽资源用于下行，通过改变时隙配比可增加上行带宽资源。通过研发“3：1 上下行时隙配比方案”，实现“超千兆上行 5G”功能。

3、生产数据不出矿

通过部署煤矿 5G 边缘计算（MEC）单元，发挥 5G 交换、转发核心网作用，确保煤矿信息不出矿、端到端低时延小于 20ms。同时通过手机行为管控平台，实现井下“通信号码白名单”“接入应用白名单”功能，确保煤矿信息安全。

4、基于 5G 工业模组的采煤机远程操控

基于 5G 专用网络，在井下采煤机远程控制本体加装 5G 工业级模组、远程

操控系统及配套的控制传感以及视频监控终端，替代原先 5G+CPE 的过渡方案，同时基于远程控制操作台和视频监控平台，实现井下采煤机真正的 5G 远程操控，一键启停。

三、下一步实施计划

本测试床已完成整体建设，相关场景已落地。

序号	项目	项目基础	建设现状
1	网络建设	客户为有线网络，无法进行井上井下无线通讯	已完成整体建设，实现井上井下无线通讯
2	井下融合组网	井下独立网络，无法实现内外网融合	实现内外网融合
3	高清视频监控	为有线监控，无 AI 分析功能	实现高清视频监控及 AI 分析
4	5G 机器人巡检	人工巡检	实现自动巡检
5	5G 无轨胶轮车自动驾驶	有人驾驶	实现无人驾驶
6	5G 无人化采掘	传统采掘	实现无人化采掘

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性

本测试床从顶层设计、关键技术、现网试点、终端模组到业务运营等方面取得突破，完成 5G 智慧矿山场景技术层面的深度验证，包括超千兆大上行、高精度同步授时、生产数据不出矿及矿用设备 5G 远程控制测试等。

2. 实施效果

该测试床实施后实现了三个创新，一是管理理念的创新，变传统的经验管理为科学高效的数据管理，相比煤矿用人减少 40%左右，结束煤矿井下夜班生产的

历史，提高本质安全水平。二是管理模式的创新，实现了“管设备就是管生产、管数据就是管设备”的变革。三是成本管控的创新，实现了设备配件基本实现零库存生产，2019年至今，麻地梁煤矿平均每月材料储备资金600余万元，吨煤材料储备1.26元/吨，是同等规模矿井的1/10。