



中国电信5G智慧矿山行业白皮书

2023.6



01 引言-电信	02	4.4. AI智能	27	06 矿山典型案例	54
02 行业洞察	03	4.5. 数字孪生	29	6.1. 神东煤炭集团-上湾矿“5G智能煤矿”项目	54
2.1. 国家政策解读	03	4.5.1. 现状分析	29	6.2. 陕煤集团榆北煤业-小保当矿“5G智慧矿区”项目露天矿无人驾驶	55
2.2. 行业发展现状	04	4.5.2. 数字孪生解决方案	29	6.3. 陕煤集团彬长矿业-小庄矿“5G智慧矿区”项目	56
2.3. 行业发展机遇	04	4.5.3. 主要应用场景	30	6.4. 准能露天矿山：亚洲最大5GtoB露天矿山项目	56
03 智慧矿山顶层规划	05	4.6. 虚拟现实	31	6.5. 白音华煤矿：首个5G+工业互联网智慧矿山	57
3.1. 矿山标准体系	05	4.7. 机器人	32	6.6. 栾川龙宇铝业南泥湖铝矿智能化	59
3.2. 5G智慧矿山总体架构	09	4.8. 网信安全	33	6.7. 龙首矿“5G+电机车无人驾驶”项目	60
04 5G智慧矿山关键技术	10	05 5G智慧矿山核心业务场景	38	6.8. 龙首矿“5G+卸料皮带巡检机器人”项目	61
4.1. 5G融合	10	5.1. 矿山资源	38	6.9. 化工新材料“5G+防爆机器人巡检”项目	63
4.1.1. 5G网络架构	10	5.1.1. 三维GIS一张图	38	07 总结与展望	64
4.1.2. 无线网络	10	5.1.2. 地质保障	38	7.1. 存在问题	64
4.1.3. 承载网络	12	5.1.3. 安全管控	39	7.2. 发展目标	64
4.1.4. 核心网	14	5.2. 智能采矿	40	7.3. 关键技术赋能	65
4.1.5. 5G矿山关键方案	15	5.2.1. 智能化远控采煤	40	7.4. 技术研发与验证	66
4.1.6. 多频段融合组网	16	5.2.2. 综采面视频拼接远控采煤	40	08 附录	67
4.2. 云计算	17	5.2.3. 采煤机无线远程监控	41	8.1. 规范性引用文件	67
4.2.1. IaaS	17	5.2.4. 运输三机监测	42	8.2. 术语、定义、缩略语	69
4.2.2. PaaS	18	5.2.5. 掘进机远程控制	42		
4.2.3. SaaS	19	5.2.6. 露天矿卡无人驾驶	43		
4.2.4. 云边协同	19	5.2.7. 露天矿电铲钻机远控	44		
4.2.5. 信创云底座	20	5.2.8. 虚拟交互	45		
4.2.6. 边缘计算	21	5.2.9. 视频指挥调度	46		
4.2.7. 融合通信	22	5.2.10. 矿山态势可视化	47		
4.3. 工业互联网-数据平台	23	5.2.11. 智能巡检	48		
		5.2.12. 有轨电机车远控	51		
		5.2.13. 铲运车远控	52		
		5.2.14. 边坡监测	53		





指导单位

中国煤炭工业协会
中国煤炭科工集团有限公司
矿冶科技集团有限公司

编写单位

天翼云科技有限公司
中国电信数智科技有限公司
中国电信股份有限公司研究院
天翼物联科技有限公司
中国电信数字智能科技分公司
中国通信服务股份有限公司
中国通信建设集团有限公司
华为技术有限公司
煤炭科学技术研究院有限公司
中国恩菲工程技术有限公司
中国建筑材料工业信息中心
宁波和利时智能科技有限公司
随锐科技集团股份有限公司
北京空间维特科技发展有限公司
应急管理大学(筹)智能化无人化开采研究所
北京网格天地软件技术股份有限公司
中国矿业大学
西安科技大学
北京中科网威信息技术有限公司
沃德(天津)智能技术有限公司

在大数据、人工智能和实体经济深度融合，加快建设创新型国家的背景下，传统模式下的煤炭能源行业转型升级到以数据驱动发展的新阶段已经到来。5G与工业互联网紧密融合，成为了各行业发展新的动能。5G具有大带宽、低延时、广连接、高可靠等特性，不但具有消费应用的前景，更能支持实体经济发展。工业互联网核心内涵是数字化、网络化、智能化。5G赋能工业互联网，将催生全新工业生态体系，二者融合将推进能源和制造业高质量发展。5G融入工业互联网将使其应用场景得到深度拓展。一是覆盖感知，利用5G大量获取矿山生产实时运行数据，通过大数据和人工智能，提升产品质量，降低成本、节能减排、优化决策。二是柔性化生产，使厂矿生产高度自主化，针对个性化需求，利用智能机器人、智能视频等设备，实现更加灵活、互联、协同的生产。

“十四五”规划纲要提出我国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和。基于“双碳”目标的要求，我国正进行着一场声势浩大、影响深远的能源革命。在这一大趋势下，尽管煤炭作为我国的支柱能源地位不会改变，但在一定程度上也将需要煤炭企业加快绿色低碳、无人减人的安全高效转型，而智慧矿山的建设正是契合了我国能源革命发展的需求。

在国家政策及企业内需的双重驱动下，当前矿山行业呈现智能化、绿色化的发展趋势，对高质量的通信网络需求强烈。智能化矿山的建设需要技术先进、业务全面、功能强大、性能稳定的通信系统平台做支撑。5G通信技术具有高带宽、低时延、大规模设备连接等特性，为矿山设备群的“万物互联”提供了通道，可实现矿井全范围通信网络覆盖、对井下设备和环境数据进行全方位采集和传输、精准可靠的实现设备控制，满足矿山各类业务系统的网络数据传输需求。5G通信技术的应用，将全面推动矿山行业信息化、自动化、智能化发展。

中国电信立足央企担当，深度洞察矿山领域发展趋势和客户需求，合自身资源禀赋，与行业内知名产学研机构深度合作，通过两年多的实践探索，在5G智慧矿山领域取得了一定的成果和积累，经过与业内专家和合作伙伴的深入探讨，中国电信组织撰写了《5G+智慧矿山行业白皮书》。着重介绍了中国电信及合作伙伴在智慧矿山领域行业分析洞察、各项关键技术研究、业务场景探索、行业标准制定等方面取得的进展，分析了矿山行业智能化应用现存的突出问题和下一步发展方向，旨在加快新一代信息技术和矿山开发利用的深度融合，促进我国矿山行业绿色低碳转型和高质量发展。



2.1. 国家政策解读

煤矿

为贯彻党中央国务院关于人工智能的决策部署，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，促进我国煤炭工业高质量发展。2020年3月，由国家发展改革委、能源局、应急部、煤监局、工信部、财政部、科技部、教育部8部委联合印发了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》。文中提到了智能化矿山建设三个阶段的目标。

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，实现开拓设计、地质保障、采掘（剥）、运输、通风、洗选物流等系统的智能化决策和自动化协同运行，井下重点岗位机器人作业，露天煤矿实现智能连续作业和无人化运输。

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。

能源局在研究编制煤炭“十四五”规划的过程中，已将有关内容纳入国家和地方规划。拟将煤矿井下5G无线通信、智慧矿山工业互联网平台、矿山物联网等技术列为“十四五”时期煤矿技术装备创新发展的主攻方向和重点任务。进一步推进5G等新一代信息技术应用进程，鼓励引导5G+智能化煤矿建设，推进煤矿井下5G全覆盖，支持煤炭企业加快智能化转型发展。

非煤矿山

为贯彻落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《新一代人工智能发展规划》等国家相关政策，按照《国家智能制造标准体系建设指南》的总体要求，切实推进有色金属矿山智能升级，2020年5月，工业和信息化部、发展改革委、自然资源部联合发布了有色矿山、冶炼工厂、加工工厂建设。

该指南建设目标为在矿山已有自动化、信息化建设基础上，推进物联网、大数据、人工智能、5G、边缘计算、虚拟现实等前沿技术在有色金属矿山的应用，建成集资源的数字化管理、面向“矿石流”的智能生产管控、全流程的少人无人化生产、集成化的本质安全管理、基于工业大数据的智能决策于一体的本质安全、资源集约、绿色高效的有色金属智能矿山，促进企业转型升级、高质量发展，全面提升企业的综合竞争力和可持续发展能力。

2.2. 行业发展现状

煤矿

2021年全国煤炭产量40.7亿吨，同比增长1.4%。十三五期间淘汰落后产能：退出煤矿5500处左右，退出落后煤炭产能10亿吨/年以上，2021年底煤矿数量约4700座。

截止2021年，年产120万吨以上的大型现代化煤矿1200处以上，产量占全国的80%左右；其中，建成年产千万吨级煤矿52处，产能8.2亿吨/年，大型现代化煤矿成为全国煤炭生产的主体。年产30万吨以下的小煤矿数量、产能分别下降到1000处以下、1.1亿吨/年左右。

煤炭向优质产区进一步集，14个大型煤炭基地产量占全国总产量的96.6%，比2015年提高3.6个百分点。内蒙古、山西、陕西、新疆、贵州、山东、安徽、河南等8个省（区）煤炭产量超亿吨，原煤产量共计35.0亿吨，占全国的89.7%，其中，晋陕蒙三省（区）原煤产量27.9亿吨，占全国的71.5%。

非煤矿

中国金属矿存在中小型矿床多，大型、超大型矿床少，贫矿多，富矿少等特点。中国铜矿平均品位为0.87%。在大型铜矿中，品位>1%的铜储量仅占13.2%。铁、铜、铝、镍等15种资源储量占全球比重均低于20%。可开采周期相对煤矿较短。云铜大红山还有16年，全国铝业平均还有5年。

2.3. 行业发展机遇

2022年9月，工业和信息化部办公厅印发《5G全连接工厂建设指南》（以下简称《指南》），指导各地区各行业积极开展5G全连接工厂建设，带动5G技术产业发展壮大，进一步加快“5G+工业互联网”新技术新场景新模式向工业生产各领域各环节深度拓展，推进传统产业提质、降本、增效、绿色、安全发展。全连接工厂不止面向制造业，也面向采矿、港口等重点行业。

《指南》提出，“十四五”时期，主要面向原材料、装备、消费品、电子等制造业各行业以及采矿、港口、电力等重点行业领域，推动万家企业开展5G全连接工厂建设，建成1000个分类分级、2特色鲜明的工厂，打造100个标杆工厂，推动5G融合应用纵深发展。

《指南》的发布意味着5G发展的新阶段，由传统的专网建设转变为同时重视连接的质量。5G连接的力度和连接的密度将是衡量5G矿山建设的重要标准。3GPP R17版本发布的RedCap计划于2023年开始商用，5G连接的价格将进一步下降，生态将会更加丰富。



3.1. 矿山标准体系

智慧矿山标准化是矿山行业有序健康发展、矿山智能化产品开放互联的必要保证。智慧矿山标准是为实现智慧矿山领域内的最佳秩序和效益，对矿山智能化（智慧化）设计、建设、验收和运营各环节中的重复性对象、行为、状态、派生属性或结果等所做的统一规定，包括规则、指南或特性等。

智慧矿山标准应符合以下特征：



截止目前，矿山领域已逐步形成了许多智慧化建设的标准，根据统计，如表1所示。但仍存在以下问题：

- 1) 智慧矿山建设缺乏统一的术语标准。
- 2) 现有的矿山标准制定以子系统或关键设备为主，缺乏系统化、体系化和统一性的设计与规范，容易形成系统间的信息孤岛，且具有片面性、局限性。
- 3) 智慧矿山标准的边界及范围不易确定，过度标准化可能会限制智慧矿山的推广和发展。
- 4) 缺乏智慧矿山标准化组织和人员，统筹各方资源、协调管理智慧矿山标准、分享标准化经验。

标准级别	现行矿山标准数量	标准范围	智慧矿山相关标准
国家标准	矿山48项 煤矿56项 矿井16项	涉及科技术语、矿山设计、评价方法、矿山生产、安全等通用技术规范。	煤炭工业智能化矿井设计标准-GB/T 51272-2018 煤矿绿色矿山评价指标-GB/T 37767-2019 智慧矿山信息系统通用技术规范-GB/T34678-2017 物联网矿山产线智能监控系统总体技术要求-GB/T 38669-2020
行业标准	煤炭1505项 能源 2181项 地质矿产545项等	覆盖范围较全面：涉及安全、生产、建设、利用、设备等	煤炭/有色金属/冶金/水泥灰岩/砂石/黄金/化工/非金属矿行业以及陆上石油天然气开采绿色矿山建设规范等（2018）
地方标准	根据各自特点积极制定相应标准	集中于矿山建设、安全和地质恢复治理方面	山西：智能煤矿建设规范（2020） 数字煤矿数据字典（2019） 安徽：露天开采金属/非金属矿绿色矿山建设要求（2019） 河南：智能煤矿建设规范（2017） 山东：智慧矿山建设规范（2013）等
企业标准	发布量少、影响力、应用情况欠佳		陕煤集团黄陵矿业公司黄陵矿业公司： 《智能化无人综采工作面设计》《智能化无人综采工作面安装验收》《智能化无人综采工作面运行质量》《智能化无人综采工作面操作》《智能化无人综采工作面回撤》（2019） 丹东东方测控技术股份有限公司：金属非金属矿山智能矿山建设标准（2019）

表1. 现行智慧矿山相关标准制定概况



目前关于矿山智能化标准体系的研究各有侧重，包括以煤矿信息化、煤矿技术、煤矿管理、物联网为主要的标准化对象。2015-2016年，中国矿业大学物联网（感知矿山）研究中心受国家安全生产监督管理总局规划科技司委托，牵头编撰了《矿山物联网科技顶层设计》，梳理了矿山物联网的发展现状、机遇和挑战，规划了矿山物联网的战略目标和重点发展领域，提出了重点突破的关键技术、5S应用、云服务体系建设等主要内容，对矿山物联网标准体系进行了总体设计。之后，中国矿业大学物联网（感知矿山）研究中心根据多年的科技前沿探索、工程应用与实践，对煤矿智能化标准体系做出了进一步完善，并制定了一系列行业标准和地方标准，包括煤矿物联网统一标识编码规则(征求意见稿)、信息技术 基于本体的矿山“人、机、环”生产过程信息统一描述指南(征求意见稿)、矿山物联网网络交互通用技术规范(征求意见稿)。

智慧矿山是基于现代智慧理念,将物联网、云计算、大数据、人工智能、自动控制、移动互联网、机器人化装备等与现代矿山开发技术融合,形成矿山感知、互联、分析、自学习、预测、决策、控制的完整智能系统,实现矿井开拓、采掘、运通、洗选、安全保障、生态保护、生产管理全过程智能化运行。根据矿山智能化建设需求,智慧矿山标准体系应包括通用基础、智慧矿山建设、支撑技术与平台、矿山信息传输网络、智能控制系统及装备、安全监控及防控装备、智能化应用保障7个部分的规范、规则、指南或特性等。

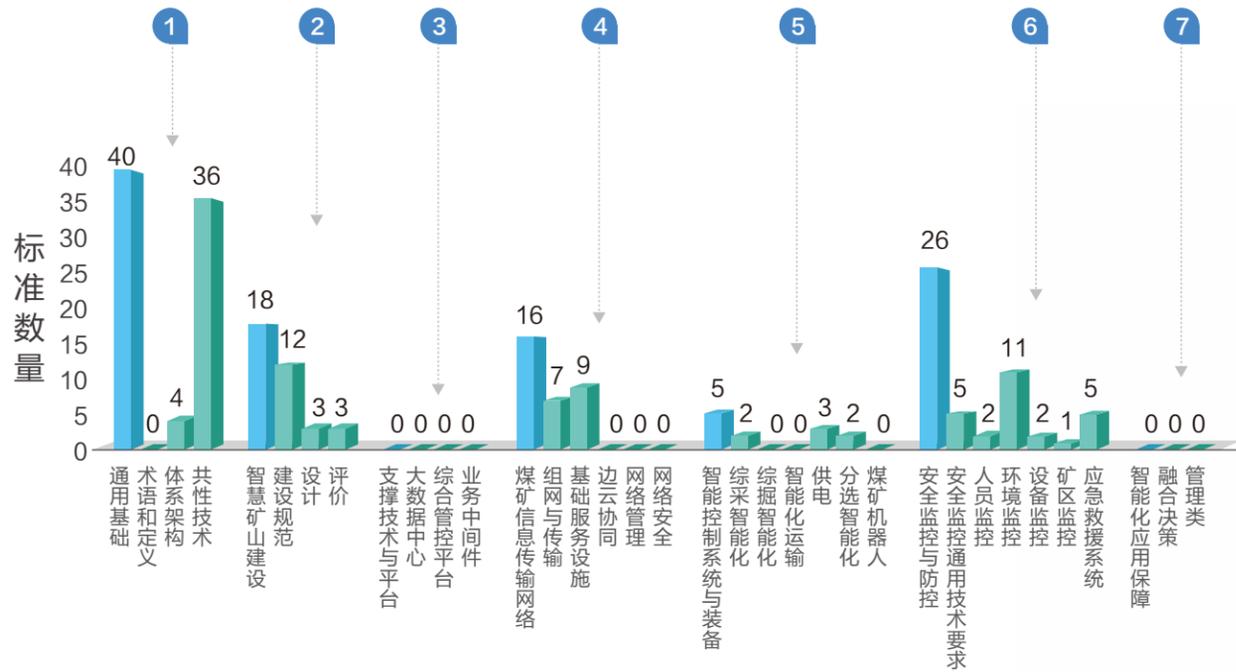


图1. 智慧矿山现行标准建设概况

数据来源：全国标准信息公共服务平台，中国知网-《标准数据总库》、安监局-应急管理部、能源局、煤监局、煤安标网站。

- 1 通用基础应包括智慧矿山相关的术语、定义、体系架构、以及标识解析、数据采集、数据字典、人一机一环语义描述、矿山虚拟化、信息交互等在内的共性技术。现行标准中，缺乏统一的术语定义；体系架构以企业标准居多，国家、行业标准欠缺；共性技术标准十分匮乏，仅少数标准列入建设计划中，而已有标准多为传感器标准，且近年来更新较少。
- 2 智慧矿山建设包括建设规范、设计指南、评价标准等。支撑技术与平台则以大数据中心、综合管控平台、业务中间件为主。目前有关矿山建设规范的国家标准已经出台，而针对智慧矿山分类型、分级别的设计与建设评价标准还需加紧跟进。
- 3 智慧矿山大数据支撑技术与综合管控平台缺失。
- 4 矿山信息传输网络的标准与规划既包括组网与传输、基础服务设施、也包括边云协同、网络管理和网络安全。
- 5 智能控制系统及装备则包括综采智能化、综掘智能化、机器人装备、运输、供电、洗选智能化等。
- 6 安全监控及防控装备围绕“矿山灾害风险感知”、“矿山设备工作健康情况感知”和“矿工周围安全环境感知”、应急救援智能化等方面进行规范。
- 7 智能化应用保障部分包括融合决策和智能化管理等。现行标准中暂无相关标准。

以上标准建设亟需融合5G、云边协同、移动互联网、人工智能、自动控制、机器人化装备等高新技术，补充和制定相关标准。



3.2. 5G智慧矿山总体架构

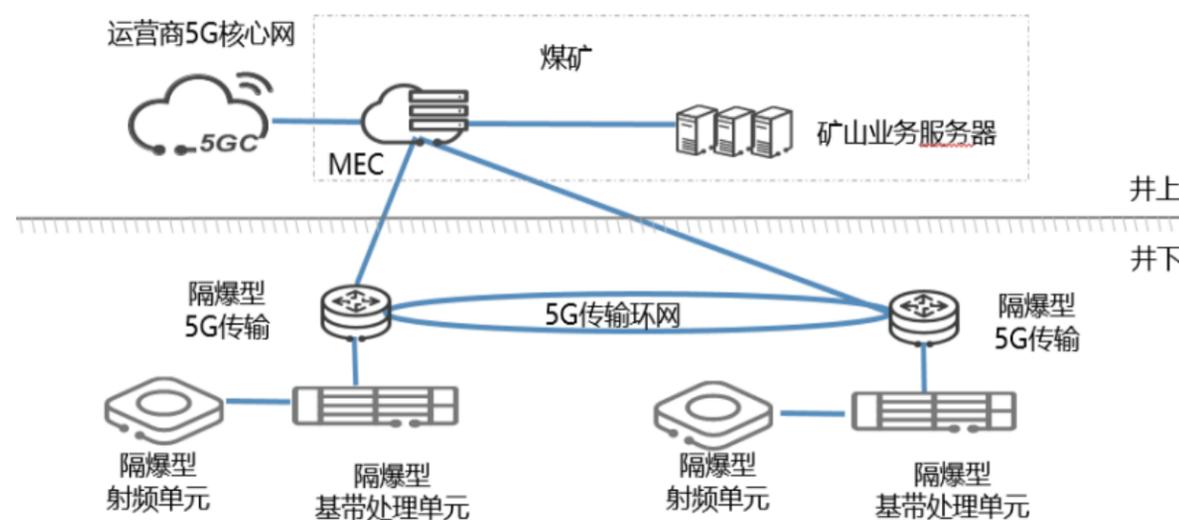


建设矿山一张网、矿山一朵云、矿山一平台、以及N个应用与5个中心。通过一张网，构建互联互通、统一高效矿山融合网络；通过一朵云，构建安全可信、弹性灵活的数字化底座；通过一平台，打破烟囱式系统，形成数据共享、能力共享、开放统一的矿山数字平台，支撑矿山打造各类智慧业务应用。

4.1. 5G融合

4.1.1. 5G网络架构

基于5G大带宽、低时延、高可靠等特性，5G专网是矿山的最佳选择。5G矿山架构包含了无线网络，承载网络，核心网。



4.1.2. 无线网络



根据场景区分，若为线性区域可沿道路做线性组网；若为面型覆盖，可做蜂窝组网。露天矿主要应用为自动驾驶和远程控制，5G网络的边缘上行速率需要达到30Mbps。



建网原则

- **负载均衡原则：** 依据小区能力，使得各小区服务的业务量或负载基本相当，避免出现整个网络中个别小区负载过高或过低的情况。
- **安装位置：** 确保模块可以稳定使用，并且不影响采煤、运煤等业务作业；避免近端有金属物或大型物体遮挡。
- **站高选择：** 优先选择高度较高的位置放置站点，在可能会出现越区覆盖处尽量避免站高过高。



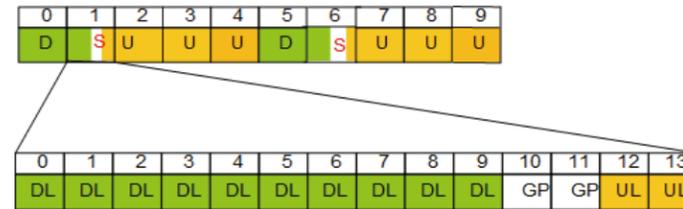
井工矿

- **防爆：** 需满足GB3836标准，发射功率<6W，基站需要支持防爆处理。
- **建网标准：** 井工矿对无线网络的要求分为容量优先和覆盖优先场景。综采面为典型的容量优先场景，需要上行容量达到1Gbps。巷道场景为典型的覆盖优先场景，需要边缘上行速率大于14Mbps（支持1个4K摄像头的的数据回传）。
- **pRRU级联：** 传统的室分站点是星型结构，每个pRRU都需要和RHUB之间连接一根光纤，从而导致在巷道或者综采面的场景需要部署的光纤多，增加了器件成本、交付成本、维护成本。
pRRU级联方案节省了光纤部署成本，通过双链保护提升了网络的可靠性，故障切换时间<50ms，光纤故障检测精度达到10米。

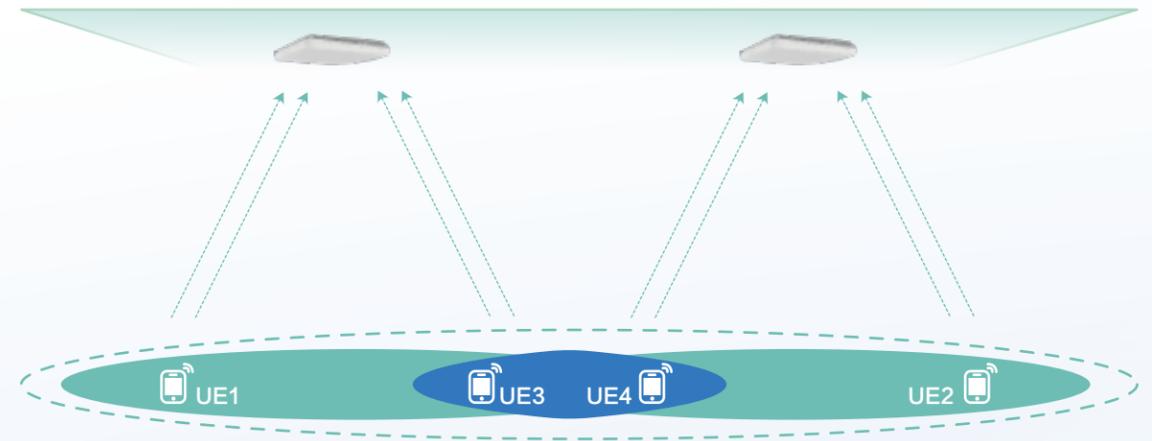


关键特性

- **时隙翻转：** 井下网络跟公网可以隔离开，由于toB场景对上行带宽要求高，可以将时隙修改为2:3，提升上行带宽。



- **D-MIMO：** 综采面要求上行带宽达到1Gbps以上，通过D-MIMO，化干扰为信号，可以提升3~4倍小区吞吐率。



4.1.3. 承载网络

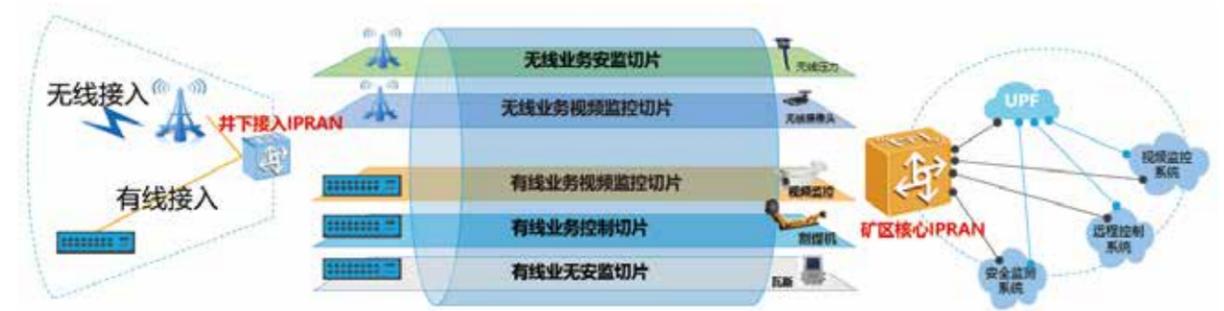
承载网使用IPRAN技术，矿山园区内新增承载网汇聚设备和接入设备。汇聚设备与矿区专用MEC/入驻UPF同机房部署，部署在井上，用于对接MEC/UPF；接入设备与BBU部署在井下，用于对接BBU；接入设备和汇聚设备之间组接入环，汇聚设备和矿区外的骨干汇聚/普通汇聚设备组汇聚环。



切片

承载网需要部署切片，保障2B业务如自动驾驶、远程控制类等高优先级保障。 BBU针对不同类型的业务（例如自动驾驶、远程控制、辅助设备）进行相应的封装，使用不同的VLAN把数据发到IPRAN网络。IPRAN与BBU/MEC之间采用VLAN子接口的方式进行业务隔离，在IPRAN上通过Port+VLAN的方式进行业务映射，不同的业务映射进不同的承载网硬切片+VPN组合，采用不同硬切片+VPN组合的方式分别承载企业的N2、N3、N4、N6/N9业务流量，通过硬切片和HQoS来实现企业业务的隔离和SLA保障。

承载网除了可以做5G的承载，还可以代替井下的工业环网等有线网络。通过FlexE方案实现带宽资源的分配和硬隔离。减少井下网络部署的复杂度和网络维护的难度。



4.1.4. 核心网

核心网采用5G SA技术架构，结合5G标准特有的边缘计算和网络切片技术满足煤矿行业高可靠、低时延、大带宽、数据安全等业务保障需求。基于运营商5G网络架构，可实现toC公网、toB专网业务的物理或逻辑隔离，为煤矿行业用户提供5G专网的多种服务模式。

核心网一般采用控制面网元（主要做用户接入和信令处理，如AMF，SMF，UDM，PCF等）集中共享部署，用户面网元（主要做数据交换处理，如UPF）按需下沉地市或企业园区部署。面向煤矿行业统一规划5G SA行业专网切片，可根据煤矿行业特点和业务模式，为行业用户提供灵活可定制的用户面网元部署方案，通过用户面下沉园区实现业务流量本地汇聚和数据分流。用户面下沉作为实现5G边缘计算的前置条件，为煤矿行业提供了丰富、高效的网络使能，边缘计算（MEC，Multi-access Edge Computing，边缘增强型一体化UPF，包含UPF和计算服务两部分功能，下同）通过在靠近数据源或用户的地方提供计算、存储等基础设施，基于IT架构和云计算的能力为边缘应用提供运行在移动网络边缘的、运行特定任务的云服务。

在行业自动化、信息化不断提升的大背景下，大型煤矿企业对数据安全性提出了更为严格的要求，同时，采煤机控制、掘进机远控、硐室自动巡检等煤矿行业典型应用对于边缘计算提出如下需求：

- **数据保护**：数据的收集和计算都是基于本地网络，不再被传输到云端，重要的敏感信息可以不经外部网络传输，数据不出厂区能够有效避免传输过程中的数据暴露风险。
- **极低时延**：通过将服务器下沉部署在靠近用户终端设备的接入环、汇聚环等企业侧网络边缘，使终端能够在本地直接访问到内容源，从数据传输路径上降低了端到端业务响应时延。
- **节省传输**：5G网络通过用户面功能UPF在网络边缘的灵活部署，实现了数据流量本地卸载，避免本地业务流量迂回，减少大量数据传输带来的传输资源占用，从而有效抑制了网络阻塞。
- **能力开放**：实现运营商与垂直行业的业务创新，通过开放API的方式为行业用户提供专网运维管理信息、位置信息、业务使能控制及丰富的行业定制服务。

高可靠

IPRAN接入网采用电信级设备和网络部署，矿区内采用环形组网或者口字型组网增加可靠性。矿山应用属于高可靠性/超高可靠性场景，推荐承载网与BBU/MEC采用口字型双归组网，承载网络中任一单链路故障或者单设备故障不影响连通性，业务不受影响。

为了满足矿山行业的高可靠性要求，承载网需要实现下面的可靠性方案：

- 与MEC口字型双归组网
- 承载网环形组网，东西向光缆不同径
- 矿山行业不同SLA业务间硬切片隔离
- 支持SR-TP/TE APS/SR-MPLS/SRv6保护

对于远程控制类等有超高可靠性要求的应用场景，承载网可额外部署下面的可靠性方案：

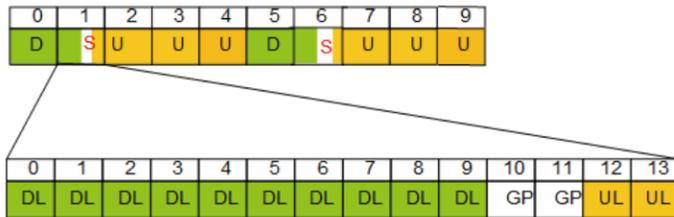
- 与基站BBU双归组网
- 使能SR-TP/TE重路由



4.1.5. 5G矿山关键方案

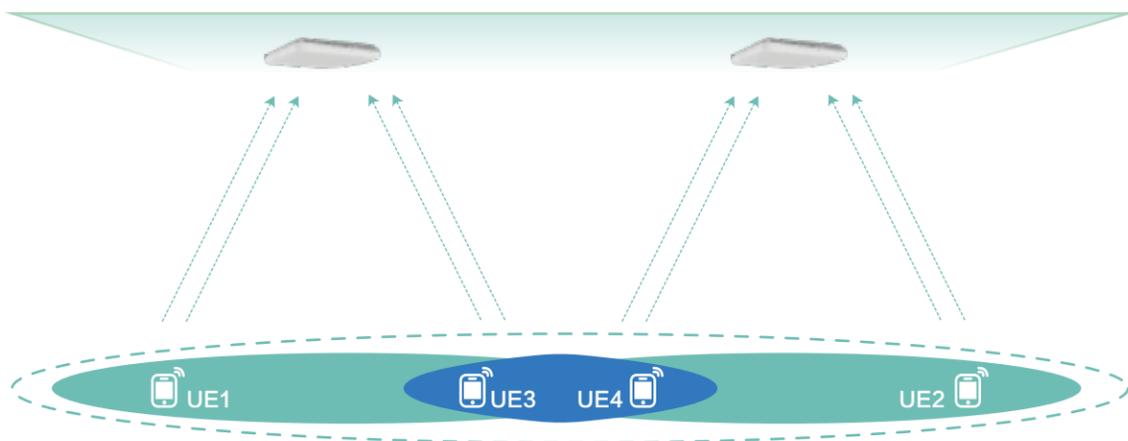
时隙翻转

井下网络跟公网可以隔离开，由于to B场景对上行带宽要求高，可以将时隙修改为2:3。



D-MIMO

分布式Massive MIMO，化干扰为信号，可以提升3~4倍小区吞吐率。



核心网本地备份方案

运营商的控制面网元一般集中部署，很多矿山位置都比较偏僻，导致无线基站、UPF和5GC相隔很远，运营商需要建立大网和园区之间的远距离传输网络。

园区和大网发生传输故障（在无线传输网的接入环发生的可能性最大），此故障会引起园区到大网N2，N4 2个接口同时故障。

N2接口：园区无线到大网AMF的信令接口。

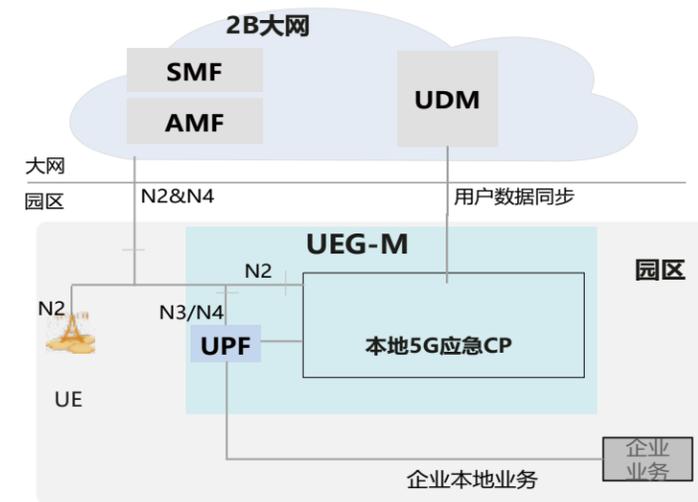
N4接口：园区UPF到大网SMF的信令接口。

N2和N4接口同时故障，导致园区无线基站和UPF释放所有连接，所有园区业务中断；同时由于N2接口故障，无线无法和5GC控制面进行信令交互，无法恢复业务。

风筝方案集成了控制面部分网元功能，即：应急5GC控制面功能，用户面网元功能UPF。以保障在与大网控制面失联时，园区内gNB和边缘UPF网元间的用户面传输仍可正常稳定运转一定时间。

大网失联场景下，风筝方案对于园区toB业务提供2种业务容灾能力：惯性运行和应急接入。

- **惯性运行**：对于稳态用户，保持现有数据业务继续进行，不受影响。稳态用户的定义：持续进行数据业务（不会进入无线空闲态），且不发生跨基站移动的业务用户（即不会产生信令的用户）；如：固定位置的持续性数据业务（典型业务：固定摄像头视频监控，位置不变，一直进行视频数据传输）。
- **应急接入**：对于产生信令的用户（终端主动发送信令，或终端跨无线基站移动产生切换信令），由于大网失联，园区无线会将用户信令发送给园区应急5GC，通过注册流程，用户在应急5GC重新注册后恢复业务，实现容灾。



风筝方案架构图

4.1.6. 多频段融合组网

超级上行方案

通过上行选择发射功能，上行天线在3.5G和2.1G上实现2T+1T的TDM轮发。超级上行分为SUL路线和载波聚合路线，目前SUL路线和载波聚合路线均已实现R16能力，既3.5G 2T+2.1G 1T。在2.1G 20M条件下，上行峰值速率可达400Mbps+，在特定低开销的配置下可达450Mbps；在2.1G 40M条件下，可达450Mbps+的速率，在特定低开销的配置下可达500Mbps。另外，超级上行SUL路线目前已支持R17能力，3.5G 2T+2.1G 2T方案。在2.1G 20M条件下，可达450Mbps+的速率，在特定低开销的配置下可达500Mbps；在2.1G 40M条件下，可达600Mbps。为了达到理想的上行速率，需要2.1G清频重耕为40M NR。



超级上行能有效增强上行速率、增强小区覆盖。超级上行需考虑现网环境进行使用，可以采用比邻或如翼模式，应用在有3.5G和2.1G同时部署的大网或专网中。

受限于2.1G的4T4R基站设备能力，超级上行R16可满足最大4个用户达峰值，且需要终端有较好的空间隔离形成上行空分，超级上行R17可满足最大2个用户达峰值。实际的并发用户数和用户业务模型、终端位置分布相关，需要根据实际情况进行规划。

载波聚合方案

采用3.5G 1T + 2.1G 1T并发方式提升上行速率，在2.1G 40M时最高可达400Mbps+的速率，但由于相对超级上行没有性能优势，且对网络、终端的要求和超级上行接近，建议直接部署超级上行方案。

4.2. 云计算

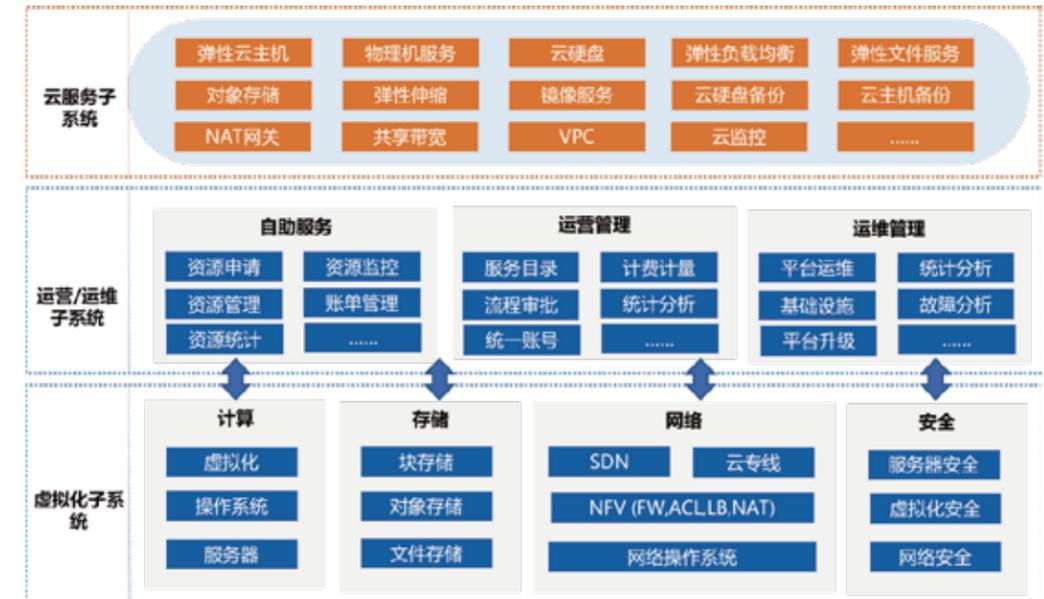
云计算作为“新基建”的底层核心技术基础，是数字技术的核心代表、基础底座，可以有效支撑能源矿山领域的信息技术产业革新，支持数字矿山场景创新，数字能力升级。

4.2.1. IaaS

IaaS(Infrastructure-as-a-Service): 基础设施即服务。

IaaS服务是实现能源矿山可靠运行的重要支撑，包含计算服务、存储服务、网络服务、安全服务：

- **计算服务**：提供云主机、GPU云主机、物理机、弹性高性能计算等多种类型的算力服务，满足不同业务场景需求。
- **存储服务**：采用分布式存储架构，基于Ceph技术，同时提供块存储、对象存储、文件存储三种存储能力，在超大规模水平上实现了低延迟和强一致性的结合，具备高可靠性、高可扩展性。
- **网络服务**：结合云计算与电信优势网络，形成入云、云内、云间、企业组网等全场景产品及服务能力，打造云网融合的能源矿山行业云网平台。
- **安全服务**：从分层、纵深防御思想出发，在物理、网络、主机、数据、应用等几个层面，结合租户侧安全服务产品提供综合安全服务。



基于OpenStack+KVM架构，提供计算、存储、网络等多种标准IaaS云服务，软件定义数据中心，高可用架构，数据多副本存储，保证安全稳定可控；资源智能调度，宕机自动迁移，在线弹性扩容，保障业务连续运行。

4.2.2. PaaS

PaaS(Platform-as-a-Service): 平台即服务。

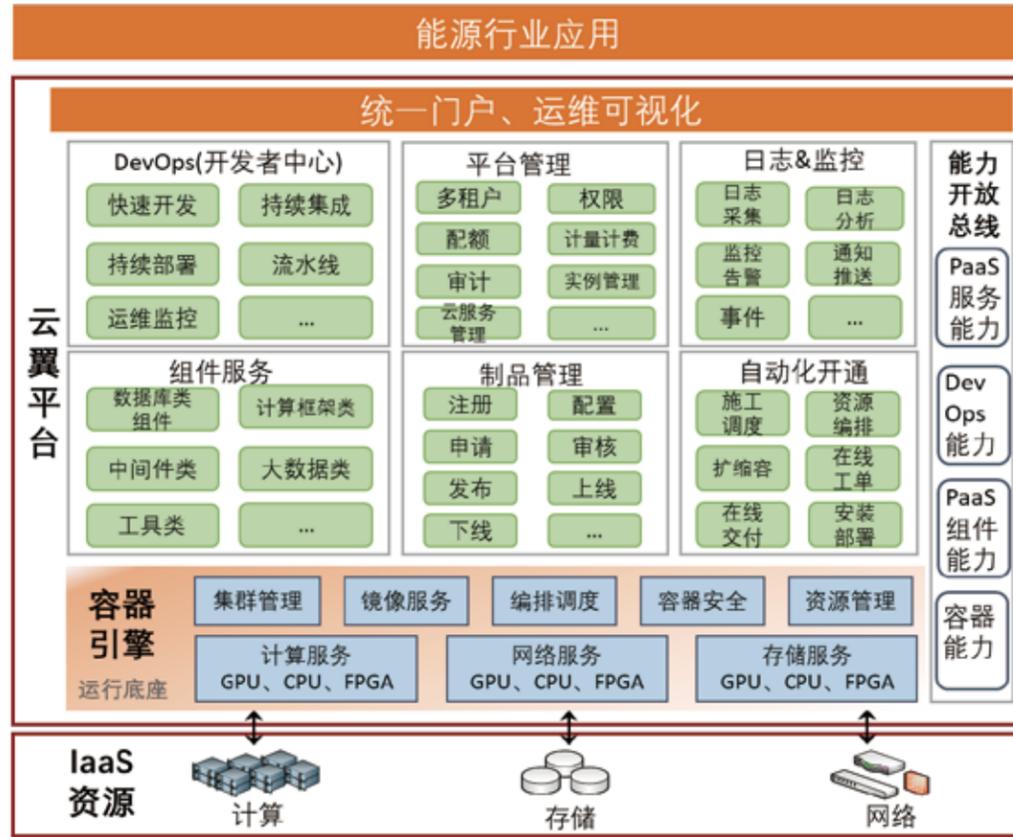
PaaS服务提供DevOps能力，能源矿山领域工业应用开发团队只需关注业务实现，快速高效完成分布式应用搭建、开发、部署及运维。

提供数据库/中间件/容器等常用PaaS组件，包括涵盖关系型、分析型、NOSQL等数据库生态工具，兼容MySQL、PG、Redis等协议，满足企业全面去“O”的数据服务需求；高吞吐量、低时延、可扩展中间件产品，支持RocketMQ/RabbitMQ/Kafka/MQTT等协议，实现系统间解耦、削峰填谷，快速应对突发负载；容器应用服务产品，具备一站式调度能力，实现数据中心级弹性伸缩，帮助能源矿山行业客户快速构建应用、持续集成交付、业务快速上云。

纵向打通SaaS/IaaS，提供集成PaaS/IaaS一站式云服务，具备全栈云服务治理能力，实现分钟级自动开通，支持应用云化架构的部署自动化、配置标准化、实施流程化。

解决云能力分散、不规范、开通慢、运维难等能源矿山行业企业上云、用云、管云难题，实现轻松上云。





智能边缘云依托于遍布全国的电信IDC机房、MSE机房建设，兼具公有云和CDN特性，算力提供形态丰富，管理开销小，网络延迟低，节点分布广，具备云边协同服务能力，满足能源矿山领域业务在低时延、大带宽、本地化场景下算力需求。



在边缘计算节点场景通过“云端托管、边缘自治”的云原生架构，降低边缘节点运维复杂性，增强云中心和边缘业务一体化协同，加速边缘业务创新。

智能边缘云与云计算之间即具备一致性，也拥有协同点，其一致性表现在云计算的容器、虚拟化、编排管理等云特性和技术得以在智能边缘云上延续，其协同点体现在业务协同、数据协同、智能协同、安全协同等方面，其中：

- **业务协同**：边缘与云端承担分布式业务系统的不同功能处理，相互协作。
- **数据协同**：部分数据在边缘存储，部分数据在边缘缓存并与云端保持数据同步。
- **智能协同**：云端AI训练，训练后的AI模型下发至边缘，由边缘本地执行AI推理。
- **安全协同**：云端配置安全策略，边缘与云端之间基于安全策略建立安全连接。

4.2.3. SaaS

SaaS(Software-as-a-Service)：软件即服务。

SaaS服务在IaaS、PaaS资源基础上，向能源矿山产业链客户提供矿山资源管理、智能采矿、智能选矿等行业工业应用，为行业企业与工业应用提供商提供供需撮合、工业应用全生命周期运营管理等服务，帮助能源矿山行业用户基于低成本行业工业应用，开展信息化、数字化、智能化生产制造、经营管理，助力企业提质降本增效，绿色低碳发展。

4.2.4. 云边协同

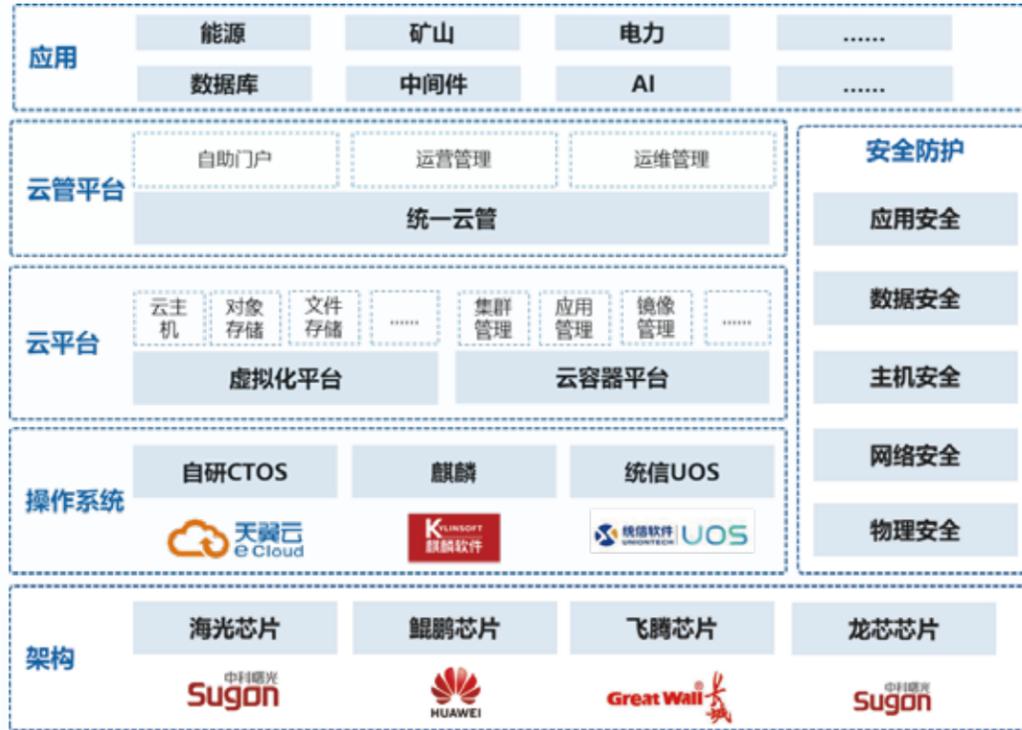
面向能源矿山领域厂矿多点分布，计算、存储、网络需求地理分散的特点，结合行业中心云资源池云计算能力，形成云边协同场景，采用智能边缘云技术保证云服务云上延续，更贴近边缘保证较低网络时延，提供近场的业务处理能力。

将计算能力、存储能力、网络能力从中心云资源池经由电信网络下沉至边缘计算节点，在边缘计算节点采用云原生架构，保证云端和边缘节点环境一致性，促进云端服务向边缘节点下沉，为用户提供属地化云服务，提供更快的业务迭代速度、持续可用的服务以及弹性扩容。

4.2.5. 信创云底座

信创，即信息技术应用创新产业，是数据、网络、应用等安全的基础，也是新基建的重要组成部分。信创云底座以“国产自研云基础架构”为核心，聚焦关键云服务组件，提供虚拟化+容器云+云管平台一体化能力，适配主流国产化信创芯片、操作系统，同时全面支持中间件、数据库、应用软件等广泛信创生态，打造安全可信的信创云底座，助力能源矿山行业客户信创迁移稳步落实、信创应用深入推进、信创生态持续完善，推动能源行业企业国产化替代落地实施。





整体采用虚拟化云平台、容器云平台、DevOps平台以及多云管理平台的技术架构，为能源矿山行业用户构建IaaS、PaaS、SaaS 全面服务化的信创可控云底座，匹配信创名录，支持鲲鹏、飞腾、海光等多种国产化芯片，一云多芯。支持麒麟、统信等不同的国产化操作系统，支持各种场景的应用向云迁移。

4.2.6. 边缘计算

边缘计算是要实现在更靠近终端的网络边缘上提供计算服务，是对云计算的补充和延伸，为物联网、大视频等提供更好的计算平台。云计算的容器、虚拟化、编排管理等云特性和技术在边缘计算延续，边缘计算可以看作是一种新形态的云计算。边缘计算的意义和价值并不仅仅是边缘云的建设与业务部署，而是促进计算与通信的深度融合，是网络、计算、存储、数据架构的重新分布。边缘计算价值场景使用的关键能力主要包括：海量网络联接与管理、实时数据采集与处理、本地业务自治、边云协同、图像识别与视频分析、AR/VR、游戏渲染与呈现，以及数据安全与隐私保护等。

边缘计算主要影响两个主要变革，第一，边缘计算将推动网络架构、算力模式和业务模式变革。网络架构的变革：推动城域网变革，形成云边端。内容自下而下推动骨干网变革，数据自上而下推动城域网变革。算力模式的变革包括算力去中心化，真正分布式协同计算。边缘计算本质在于实现算力负载均衡的优化，解决集中式云计算发展瓶颈，释放终端计算的压力。第二，在于将催生新万亿级市场，重塑产业价值链。

边缘计算与5G、AI等技术的协同加快其技术成熟，5G助力边缘计算向纵深进一步延伸，AI助力边缘设备智能化，将推动边缘计算加速落地。

边缘计算应用场景很多，典型应用在大企业的分支机构，比如煤矿。与边缘计算技术特性的契合度决定了应用必要性（边缘必要指数）；指数含五项：超低时延、高带宽、高实时计算、高安全可靠、本地化。

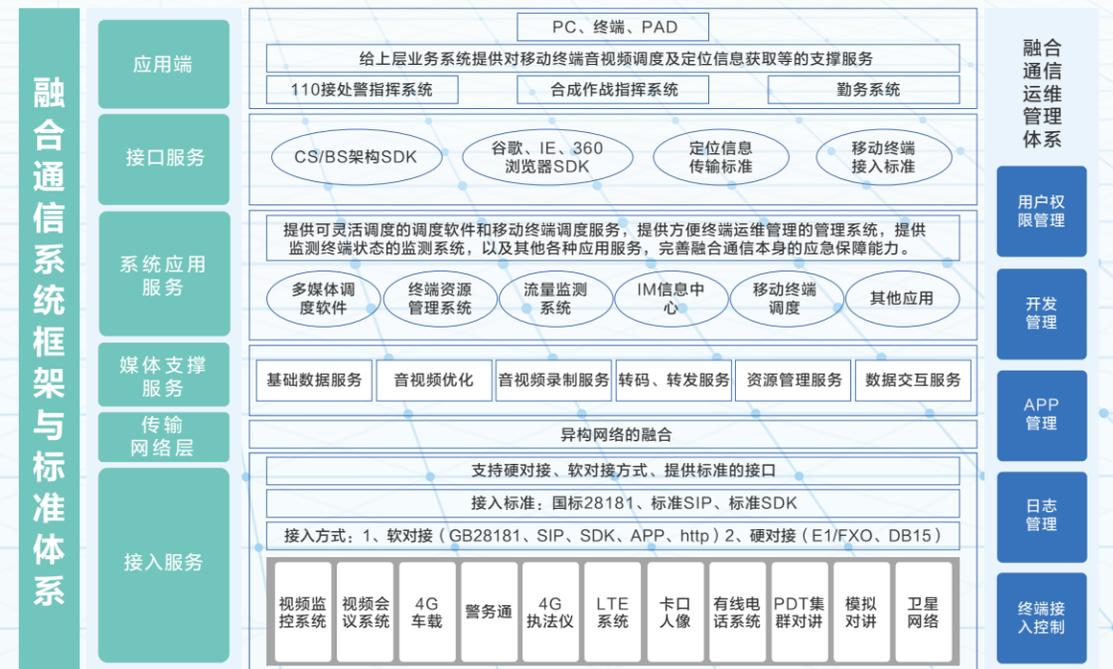
煤矿应用场景	超低时延	高带宽	高实时计算	高安全可靠	本地化
无人驾驶	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
远程巡检	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
采煤机远控	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★
掘进机远控	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★

4.2.7. 融合通信

融合通信是提供融合业务能力的核心技术，也是支撑矿山行业用户业务流程的关键。

业务网络建立在基础网络之上，由各种业务平台有机构成。业务网络可以直接提供核心应用，也可以开放业务能力供自有或第三方应用调用。

业务网络总体架构包括接入服务层、传输网络层、媒体支撑服务、业务开放接口，其中业务能力可以分为语音类、视频类、资源类、消息类、信息类和其他类共六类。提供融合的业务就是使业务平台能够对不同的业务能力，根据不同的需求进行灵活的组合、关联和嵌入，从而形成新的业务应用，融合通信平台不仅对这些业务产品进行管理，还对用户的属性进行集中管理，把用户对各种通信手段的标识进行关联和处理，以达到提供融合业务能力的目的，方便用户使用。



图表 1 - 融合通信指挥调度集成架构



融合通信指挥调度系统为用户提供平台服务，系统通过网络统一管理和调度计算、存储、网络、软件等资源，实现资源整合与配置优化，满足不同用户随时获取并扩展、按需使用，最大限度降低基础性资源并满足指挥调度过程中的各类通信业务需求。

系统将现有各种业务能力进行整合，向下根据业务能力需要对接基础通信服务能力，向上提供业务调度中心服务，实时提供平台各种资源，将这些资源通过接口服务提供用户指挥调度过程中多种需求的通信能力，构建一个融合网络、数据、终端等接口的统一平台。

4.3. 工业互联网—数据平台

1、发展现状

我国煤矿已走过机械化、数字化、自动化的发展历程，现在向着智能化方向发展。不同阶段的工业化任务有所不同，数字化解决了煤炭生产大量数据、信息的集成及利用问题，自动化使采矿流程实现部分远程控制。现有的煤矿物联网相对比较孤立，并没有把整个生产流程、生产系统有机结合起来。煤炭工业互联网是煤炭行业转型的战略需要，有利于加速实现煤炭行业减人、增安、提效，可谓是煤炭行业发展的新阶段。

数据平台是智慧矿山建设的数据基座，是矿山大数据应用的基础。智慧矿山数据中台包含数据汇聚、数据开发、数据存储、数据资产管理、数据服务等能力。通过数据中台的建设，形成矿山行业的数据标准规范；通过对矿山数据各类感知数据、基础数据和管理数据的分级分类存储，数据的分析建模和大数据挖掘，使得矿山多源异构数据从数据资源变为数据资产，可提供基于大数据的调度决策、灾害风险分析、设备健康诊断、预测性维护等应用，解决了矿山信息孤岛严重、数据难集成、智能化分析水平低等问题。

2、发展挑战

矿山行业数据平台强调资源整合、集中配置、能力沉淀、分步执行的运作机制，是一系列数据组件或模块的集合，指向煤炭的业务场景。尽管数据的价值属性已经获得广泛共识，但是选择观望的企业依旧占据大多数。从企业内部来看，如果在没有深入理解煤炭行业需求的情况下盲目建设数据中台，追求“大而全”的概念可能导致数据中台落地效果不佳。

行业数据标准化困难、耗时费力。在过去的信息化建设过程中有一些遗留的数据问题待解决：①多源异构的数据需要标准化；企业从不同的角度切入，多点建设了很多单链的业务系统，造成不同系统中架构、标准不一致，同一个项目中生产、运营、营销的数据编码定义不一致。②数据在保持及时性、准确性和完整性的同时进行PaaS层和IaaS层、各系统之间的集成打通。③各部门数据共享意愿低：部分数据的敏感性、重要性较高，相关部门共享资源的意愿较低。这些问题在客观上阻碍了数据共享、复用的过程。

技术与业务的融合存在壁垒。数据中台一开始服务于互联网企业，因此在推广的过程中带了互联网公司的特色。数字化转型过程中的企业场景多样，煤炭行业有其明确的业务内容，供给方拥有技术能力，缺少业务场景的实际落地经验；煤炭方服务于场景，需要融合技术以带来切实的效益增长。

投资回报率等收益指标难以量化。一方面，数据中台的成本投入有不确定性。数据中台的建设周期长，投入成本高，随着业务的快速增长，可能造成初期对数据增长的预估错误导致整个建设过程中成本的不断增加。另一方面，数据中台的回报难以量化。首先，数据中台输出的是无形的数据能力，这就要求其对业务有充分的理解，否则企业将难以发挥效用。其次，不管是使用者还是使用场景都多元而复杂，难以界定数据中台的直接受益。最后，企业业务日趋敏捷，数据中台是否能够提供相应的动态调整需要长时间检验其实际效果。

3、矿山行业数据治理必要性

提升矿山行业企业的市场竞争力

5G、AI等技术的发展，一方面将工人从恶劣环境中解放出来，另一方面提高了矿企的生产效率。新一代信息技术，已成为工业互联网发展的助推器。新技术与煤炭行业采、掘、运等的融合发展，有力促进了煤炭行业整体信息化水平的提升，使煤炭行业具备发展工业互联网的基础。

满足矿山行业需要的智慧应用

通过信息化技术的应用研发，构建满足矿山行业需要的智慧化应用，例如安全生产管理应用（隐患排查治理、安全教育培训、职业健康管理、生产要素管控、风险态势感知、安全监管支撑、应急指挥管理、安全驾驶舱）、智慧矿山（全面监控、精准定位、设备管控、应急救援、远程监管、大数据分析预警、大数据分析展现）、5G综合应用（远程控制、AR运维、井下数据采集、视频无线回传）、数字孪生、设备音频故障诊断都是目前煤炭行业生产、管理方面亟需的应用能力。

4、矿山行业数据治理建设内容

数据是矿山采掘运营相关企业探索开展数字化转型的核心资产和基础。企业数据的管理十分复杂，不仅包含了企业内部的各种运营，生产，管理，安全等方面的数据，还包含了与企业外部运行环境和竞争环境相关的数据。数据不仅要支撑企业的运行和管理，更要为企业的管理决策提供数据分析服务。开展数据治理，提高数据质量，是在海量数据中提炼高附加值数据，提升数据分析准确度的重要举措。利用科学的理论，方法和工具，对企业所需数据的可获得性，相关性，可用性，整体性，安全性等实现全面、有效的管理，将数据作为企业的战略资产加以重视和综合利用，促进企业健康，高质量的长远发展。

数据治理是行业数字化转型之路的关键，数据治理工作的落地有助于提升煤炭数据价值密度、提高数据挖掘效率，更好服务灵活多变的业务场景，为数据分析提供有效接口。



矿山行业数据治理体系建设内容囊括元数据管理、主数据管理、数据标准管理、数据质量管理、数据生命周期管理、数据组织、数据安全及数据服务环节，环节间相互协同和依赖，形成全方位、多层次、多角度的煤炭行业数据治理框架。

矿山数据的分类分级是做好数据治理的关键要素。数据分级分类存储技术。针对监测监控、生产自动化等系统产生数据类型多、实时性强等特点，按照数据仓库建设理论，设计贴源层、明细层、聚合层、应用层等分级存储层，按照数据热、温、冷特性和数据类别（基础数据、实时数据、异常告警数据、历史明细数据、统计数据，以及文档、视频等非结构化数据）分别存入不同类型的数据库，支撑数据应用层实时监测、统计分析等需求。

5、矿山行业数据治理应用

» 构建行业数据地图

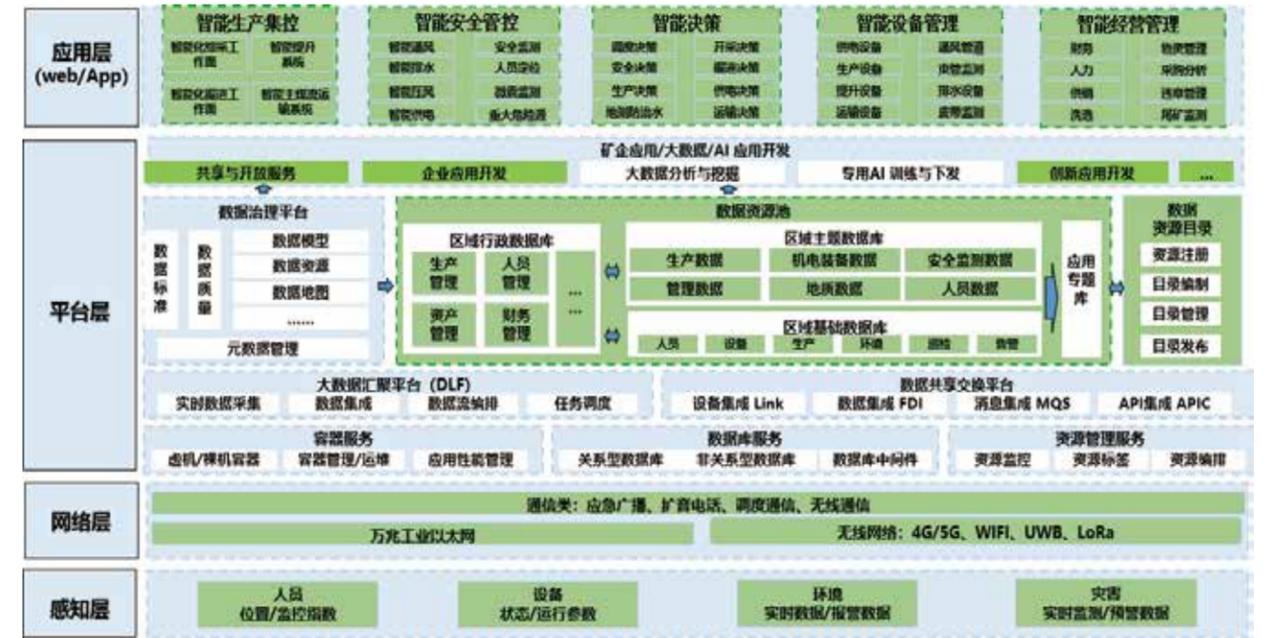
矿山行业的数据治理能力助力构建数据地图。经过数据治理之后，在对行业数据进行质量分析时，分析人员能够利用数据地图进行数据血缘分析，跟踪数据来源并分析任务依赖，轻松追溯到上游生产中的煤矿生产环节的相关数据，而不仅仅局限于当前的生产环节，从而获得更有价值的分析结果。

» 优化数据分析效率

开展数据治理前，数据分析的周期长、工作量大，分析的数据量也比较有限。在实施数据治理之后，采用云端采集和在线分析，代替过去手动采集和离线分析的方式，同时保证了数据的准确性和完整性，大大减少分析人员在繁琐的数据预处理任务中耗费的时间。

» 提升数据服务

数据治理是为了更好地利用数据，是数据应用的基础。基于矿山行业的业务需求，大体划分为三个方向：应用支撑、工具应用及业务应用。应用支撑服务包括知识图谱构建、数据服务总线和服务管理等服务类型；工具应用服务包括生产查询检索服务、模型分析服务和数据管理服务等服务类型；业务应用服务包括产品溯源、异常预警和可视化大屏等服务类型。通过对海量数据的集中、整合、挖掘和共享，结合全方位、多层次的数据服务体系，增强了异常处理的实时性和前瞻性，推动工业向信息化、智能化转型。



6、矿山行业数据平台的发展趋势

数据平台除了保持原本核心的数据接入、存储、统计分析和决策支持外，会更聚焦到业务本身上来，为前台业务提供更智能化的数据服务，支持企业流程的优化和商业模式的创新，让给数据变得更业务化。

从近几年的发展情况来看，以下3点尤为突出：

- 1、技术发展迅猛。**近几年涌现出了大量新的数据应用技术，如NoSQL、NewSQL和分布式数据库等，以及与数据采集、数据存储、数据建模和数据挖掘等大数据相关的技术。
- 2、数据架构灵活。**在从单体向微服务架构转型后，企业业务和数据形态也发生了很大的变化，数据架构已经从集中式架构向分布式架构转变。
- 3、数据多源异构。**数据来源已从单一的业务数据向复杂的多源数据转变，数据格式也已经从以结构化为主，向结构化与非结构化多种模式混合的方向转变。



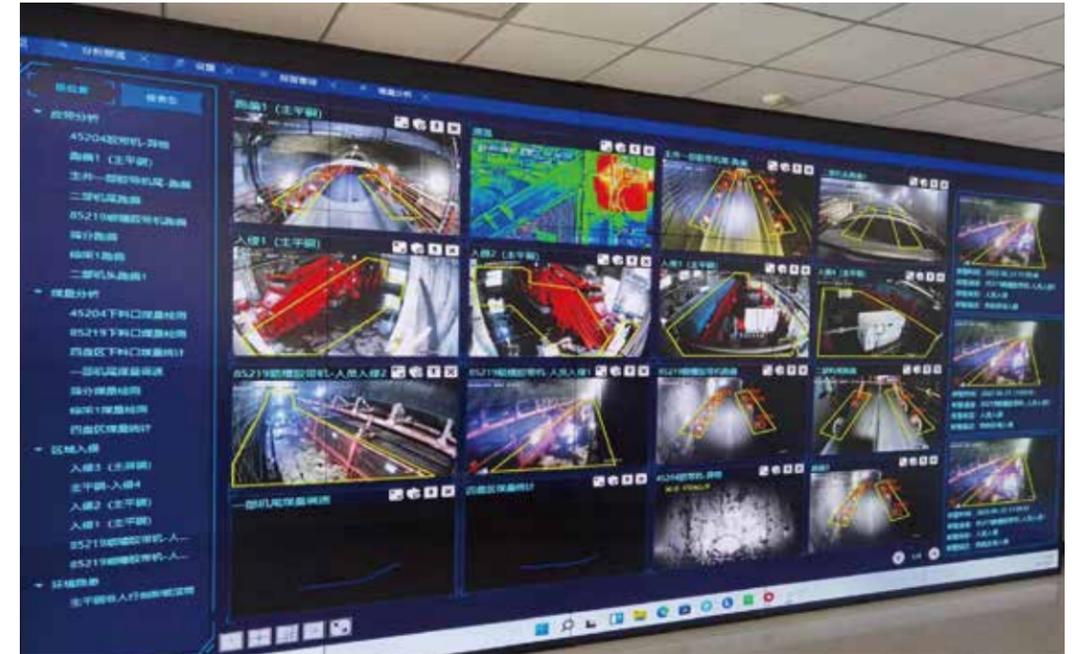
4.4. AI智能

- 在智能化矿山建设中，可利用AI技术对生产各个环节的视频进行采集、传输、识别和分析处理。矿山AI视频识别应用建设应遵循安全性、可靠性、实用性、一矿一策等原则。
- AI视频识别平台主要由前端视频识别分析系统、网络传输系统、后端管理系统等组成。
- 前端视频识别分析系统通过部署图像AI处理摄像机、隔爆兼本安型边缘计算AI视频分析装置，就地实现数据采集、分析、存储与上传。实时对人员、机器、环境等监控视频进行智能分析与处理，并实现与矿山通信联络系统、生产自动化系统、安全监控系统的联动协同，从而提高煤矿安全管理水平和效率。
- 网络传输系统包括煤矿光纤工业环网和4G/5G/WiFi高速传输网络，负责完成数据传输与交换。结合矿山视频监控的实际需求，传输视频的集团级主干网络带宽应在万兆级，分公司汇聚层网络带宽在千兆级，矿区监控网络带宽在百兆级。各级平台的互联服务质量等级需达到网络时延不大于150ms、丢包率不大于 1×10^{-3} 的要求。
- 后端管理系统由边缘计算AI视频分析装置、AI视频管理服务器、AI视频分析管理平台 and 事件资源库、业务应用组成，负责实现数据的汇聚、处理、存储和管理。其中AI视频分析管理平台通过搭建GPU集群，可对多路并发视频进行在线分析与处理。
- 目前应用场景主要有人员行为分析与监管、皮带柔性控制、工作面监管、巡检监管、重点目标监管和设备检测六大方向，如图2-3所示。典型应用场景包括：

- 综采工作面 AI 视频识别
- 掘进工作面 AI 视频识别
- 智能主煤流运输 AI 视频识别
- 智能通风 AI 视频识别
- 智能供电与排水 AI 视频识别
- 智能辅助运输 AI 视频识别
- 智能提升 AI 视频识别
- 钻场智能管理 AI 视频识别
- 三违管理 AI 视频识别
- 选煤厂 AI 视频识别
- 露天煤矿 AI 视频识别
- 电子封条 AI 视频识别



图2-3 煤矿 AI视频识别主要应用场景



AI选煤

传统选煤是通过人工干预进行配煤优化参数的调整。而智能AI选煤是构建训练模型，将大数据平台与人工智能联动，通过将焦炭质量的预测数据和配煤优化比例形成闭环反馈系统，同时结合人工智能训练和推理不断调整配煤优化比例。相比人工配煤，同等条件下，以某1000万吨焦煤选煤厂为例，每提升0.1%精煤产率可增加1000万元/年利润。



4.5. 数字孪生

4.5.1. 现状分析

智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑，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。经过前期有益探索，国内部分矿井已建成一批少人、无人开采工作面，但目前技术体系参差不齐，尤其是集群智能化技术尚未跟上。例如，复杂的开采环境对设备及其操作的要求严苛，井下有十几种综采设备，这些设备之间的互联度不够高、信息互通性不够强、人机交互性不够好，现有数字化手段难以动态反映采煤流程变化，进而影响对采煤工作面的实时监控。

目前行业企业侧重矿山生产过程的自动化，基于数据驱动的采矿设备自动化、生产数据可视化、开采过程透明化、采掘现场无人化、矿山环境低损化，能够实现安全高效、无人操作的自协作矿山系统。

5G智慧矿山随之而来的数字孪生解决方案能有效弥补智慧矿山可视化的不足之处。工作面数字孪生系统通过集中控制系统的实时数据，驱动工作面设备的1:1三维模型，实时展示工作面成套装备的姿态和动作；对关键的设备运行参数、工艺数据、生产数据等进行数据或图表曲线展示。通过固定视角多场景模块化组合、分屏展示、自由漫游等不同展示方式，可提供直观、高效的人机交互体验。

4.5.2. 数字孪生解决方案

利用数字孪生搭建智能化新平台，以数字孪生工作面模拟实际采煤，基于设备和工作面数字孪生，实现透明化的采矿生产、运维和服务。数字孪生工作面是一个数据可视化、人机强交互、工艺自优化的高逼真采煤工作面三维镜像场景，包括物理工作面、数字工作面和数据信息交互三部分。数字孪生是以数字化方式创建物理实体的虚拟模型，通过虚实交互反馈、数据融合分析、决策迭代优化等手段，为物理实体提供更加实时、高效、智能的运行或操作服务。换言之，其不是传统仿真模型，而是动态反馈的数字化工作面镜像体，基于设备运行的感知数据，以数字映射的智采工作面来逼真地模拟实际采煤状况。

数字孪生方案实施可分为四个步骤：

一是实现离散数字孪生的连接和可见。“离散”即一个一个来做，实现设备、人员等单一资源的数据连接、数字可视，例如一台采煤机、一台掘进机，率先实现数字化设备、流程和系统的诊断、描述性分析预测。目前，煤矿智能化发展多数处于这一阶段。

二是实现复合数字孪生互联与数据驱动。一个采煤或掘进工作面、一条主煤流运输线，基于内部离散数字孪生和外部数字资源复合而成的数字孪生体，这是智能化建设的主要努力方向。

三是面向采矿全流程。通过数据孪生监测和驱动的业务运行，形成一种可持续自动采集、自动分析、自主执行、自主决策的数据驱动闭环。

四是实现数字孪生的生态服务与价值共生。除了单个矿井，还包括选煤厂、输配系统、甚至用户在内，也就是集合产业上下游数字孪生组织，成为以链主为核心的产业数字孪生。

数字孪生技术将推动智能化采矿进入新时代，实现全要素、全流程、全数据的集成和融合，达到矿山生产系统最优配置、装备自主协同、开采安全高效的目的。

4.5.3. 主要应用场景

矿山资源概览

基于三维地图加载显示企业矿山地理分布点位图层，支持下钻加载显示矿山三维模型，融合汇聚矿井资源、产销存、生产状况、采煤掘进等实时数据，并结合实时生产监控视频，三维全景呈现企业矿山生产运营状况，协助生产调度指挥中心实时掌控矿山生产运营态势。

安全监测告警

基于三维实景孪生平台，对安监生产人员、设备、车辆、监测点等要素的位置、状态等信息进行实时监测，并结合人工智能、物联网等智能感知技术，对环境态势（粉尘、瓦斯、水、有害气体）、人员工作态势、设备运维情况、生产进度等信息进行实时监测，对各类异常态势（人员入侵、违规操作识别报警、灾害预警等）进行实时预警告警；并基于专业的模型算法，对掘进、开采、运输等业务环节关键数据指标，以及重大灾害监测、设备安全分析、环境安全监测、人车安全分析等多项核心数据进行可视化分析，实现“人、地、物、事”多源数据的智能关联分析，为用户决策研判提供全面、客观的数据支持与依据。

人车安全管控

基于安全事件告警提示，启动应急处置，系统自动关联定位矿井事件位置及相关设备，关联显示应急指挥小组、处置预案、周边资源、周边视频等信息，结合视频会商系统，实现突发事件快速定位、远程核实、视频会商、资源调度、快速处置的全景可视化指挥调度，提升生产调度指挥中心针对安全事件应急处置的工作效率。

应急指挥联动

基于安全事件告警提示，启动应急处置，系统自动关联定位矿井事件位置及相关设备，关联显示应急指挥小组、处置预案、周边资源、周边视频等信息，结合视频会商系统，实现突发事件快速定位、远程核实、视频会商、资源调度、快速处置的全景可视化指挥调度，提升生产调度指挥中心针对安全事件应急处置的工作效率。

矿山智能巡检

集成矿山巡检部门各系统数据，结合视频智能分析、智能定位、智能研判技术，基于地理信息系统，对巡检设备、机器人、人员、告警事件等要素的位置、类型、状态等信息进行直观展示；支持点选查询异常点位周边监控视频、事件详情、处理人员、工单承载量、工单进度、预计完成时间等详细信息；同时可基于专业的模型算法，对巡检工单、巡检问题、设备问题等核心数据进行多维度可视化分析，为管理者提供实时的巡检报告及科学的决策依据。



4.6. 虚拟现实

虚拟现实(Virtual Reality,简称VR)是一项综合集成技术,利用电脑模拟产生一个三维空间的虚拟世界。提供使用者关于视觉、听觉、触觉等感官的模拟,让使用者如同身临其境一般,可以及时、没有限制地观察三度空间内的事物。虚拟现实集成了计算机图形(CG)技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术、网络并行处理等技术的最新发展成果,是一种由计算机技术辅助生成的高技术模拟系统。

虚拟现实技术在矿业领域有着广阔的应用前景。通过虚拟现实可实现矿山规划和设计、开采模拟、地下矿技术培训、采矿设备的虚拟设计和制造、矿井事故调查和研究等主要应用场景:

矿山规划、设计与辅助决策:通过VR能够生成一系列的虚拟作业场景,如模拟露天矿挖掘机装载、车辆运行及卸载过程,工程技术人员可以“亲临现场”操纵挖掘机,调整车辆运行速度、装载机装载速度及卸载速度循环次数等参数,以确定最优作业工序等。

矿山开采过程模拟:通过VR可真实呈现虚拟的矿山作业场景,通过硬件设施与软件连接,使使用者能够“亲临”矿山现场,学习开采过程。



地下矿作业模拟与设备操作训练:借助VR系统虚拟井下各种复杂的作业环境,VR创造出的矿山生产环境具有逼真、交互的特点,可以模拟采矿作业过程和空间环境,适于井下作业模拟与虚拟培训。



矿山安全培训:通过VR进行安全培训,可以对员工的表现进行跟踪和记录。根据这些数据,培训可以加速进行,或者提升更高的水平。通过组织范围内的统计数据,虚拟现实安全培训模拟可以创建现实的预测,并覆盖有时过于昂贵或危险而无法现场进行的情况。

采矿设备的虚拟设计和制造:由于井下场地狭窄,环境恶劣,因此对井下设备的设计、运行、维修都提出了很高的要求。通过VR实现采矿设备的虚拟设计和制造,不仅仅可以节约资源和时间,还可以完成在地面或在常规条件下无法进行的工作。

矿井事故调查和研究:应用计算机绘图和VR技术可以快速、有效地以一系列三维图像在计算机屏幕上再现各种事故发生的过程,事故调查者可以从各种角度去观测、分析事故发生的过程,找出事故原因,包括系统设计和现场人员的动作行为。同时通过交互式地改变这一VR模型中环境的参数或状态,从而防止其它与此相关的潜在事故的发生。VR可应用在安全监察与危险识别、井下环境风险评估、矿井火灾和瓦斯等事故仿真、演练矿井抢救。

4.7. 机器人

» 输煤栈桥智能巡检机器人

输煤栈桥智能巡检机器人,采用里程计+RFID导航方式,精度可达10mm,精准定位至检测点位。基于多传感器融合技术、通信云技术、神经网络算法系统、大数据分析系统,实现智能化巡检与管理,支持红外热像测温、皮带跑偏、漏煤识别;视频图像识别、现场环境及气体检测、烟雾检测、音频采集分析、双向语音对讲、大数据趋势分析预警等,可代替人工巡视,实现对输煤栈桥的全自动智能巡检。



» 机电硐室智能巡检机器人

新一代可升降地面移动式智能巡检机器人，采用激光SLAM导航，两级垂直升降设计，0.3m - 1.6m垂直检测范围，精准定位至检测点位。基于多传感器融合技术、5G技术、深度学习智能算法、大数据分析技术，实现智能化巡检与管理，支持局部放电检测、识别各类仪表与设备运行状态，红外测温、环境监测、大数据趋势分析预警等，可代替人工巡视，实现对机电硐室的全自动智能巡检。



安全现状

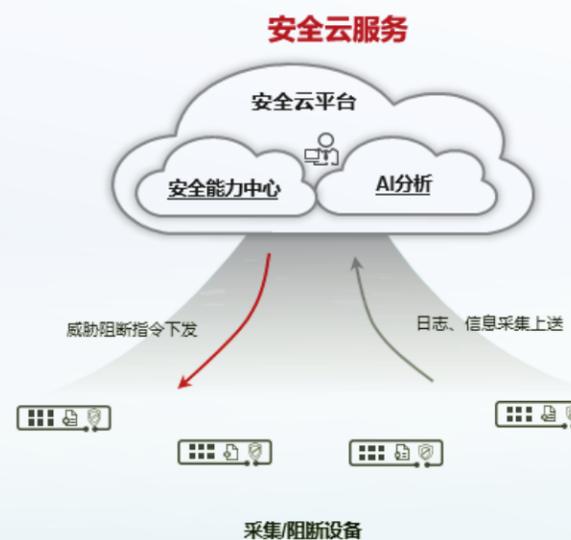
- 关键告警被淹没：大量低价值安全告警，淹没有效安全事件，威胁无法及时处置。
- 缺乏全局统筹：单产品孤立的威胁分析，难以做到全局统筹，无法准确识别威胁。
- 运维人才短缺：网络设备发挥效应依赖专业运维人员，专业人员养不起、留不住。
- 安全驻场难确保：购买驻场安全服务，人员能力参差不齐、无法确保防御效果。
- 安全产品堆砌：企业网络安全的全面建设，需要十几种甚至几十种安全产品和方案。
- 高投资：大量安全产品的堆砌，大幅提升网络安全建设投资成本。

安全需求

- 管理制度：整体信息安全规划；缺乏工控安全管理制度、应急处置预案等。
- 边界隔离：各区域各系统间的有效隔离手段，边界明确。
- 终端计算环境安全：降低终端存在的移动介质感染、泄密的风险。
- 预防恶意代码入侵：预防病毒、恶意代码入侵，利用有效手段检测异常。
- 主机安全：保证主机操作系统安全，防御病毒等。
- 监管审计：对违规、越权操作尽心更有效审计和管控措施。

安全云服务

云端安全能力中心/分析+本地执行器/采集器



- 云边一体化新架构，产品、服务交付云化提供。
- 云端专家替代本地运维，7*24小时在线服务，简化运维难度。
- 资源、信息全局共享，防御效果提升。

4.8. 网信安全

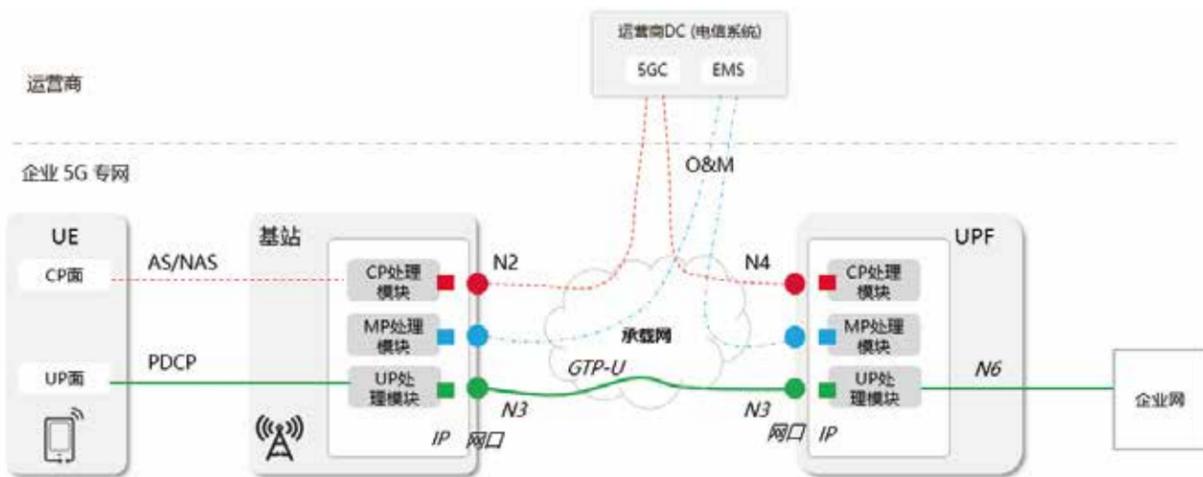
政策要求

根据国家《网络安全法》，所有通信、能源、交通等重要行业必须要做网络等级保护。根据《智能化示范煤矿验收管理办法》，智能化矿山需要具备网络安全防护功能，实现专网与外网、控制网与管理网的隔离，网络防火墙具备网络入侵监测功能，网络安全满足等保二级要求，目前主要的政策依据如下：

- 《工业控制系统信息安全防护指南》
- GB/T22239-2019《信息安全技术网络安全等级保护要求》（等保2.0）
- GB/T51272-2018《煤炭工业智能化矿井设计标准》
- GB/T34679-2017《智慧矿山信息系统通用技术规范》



通信网络采用管理/控制/用户三面隔离，避免互相访问和相互影响



- 空口三面隔离：控制面/用户面协议栈分离、控制面加密和完整性保护分离、用户面加密和完整性保护分离。
- 设备三面隔离：处理模块隔离、物理端口隔离、逻辑IP地址隔离。
- 传输三面隔离：三面VLAN/VRF隔离。

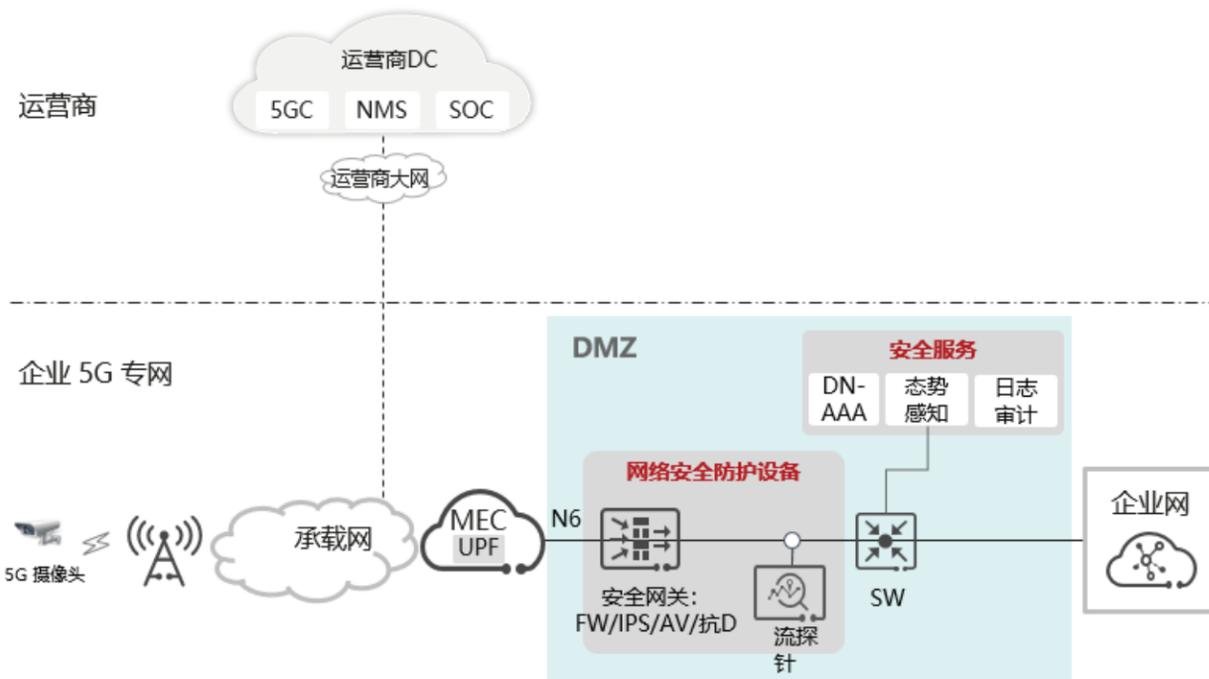
5G园区网与企业内网边界

- 构建DMZ，提供边界防护。
- DMZ设置安全服务区，放置二次认证DN-AAA，态势感知、日志审计服务器等。
- N6出口部署抗D设备，FW、入侵检测、网络防病毒。
- 同时N6安全网关设备，结合二次认证DN-AAA，实现基于角色的细颗粒度访问控制。

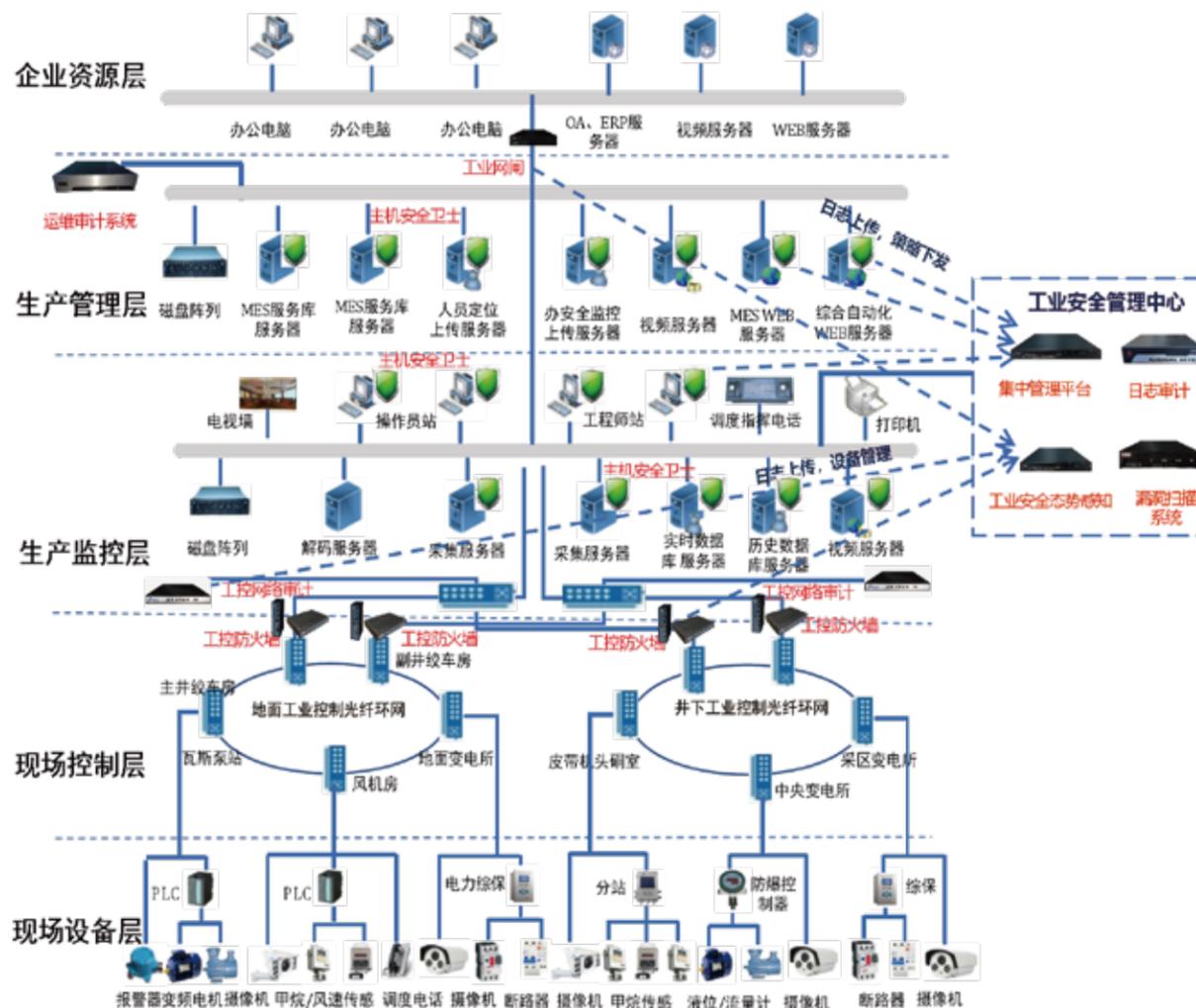
DMZ区设置：多园组网、多园区网络可互通。

- 每个园区N6出口需要部署“网络安全防护设备”。
- 可在其中一个园区设置“安全服务”，企业有总部机房可以在总部机房统一设置“安全服务”。

5G园区网与企业网边界防护



矿山工控安全方案设计



方案架构图

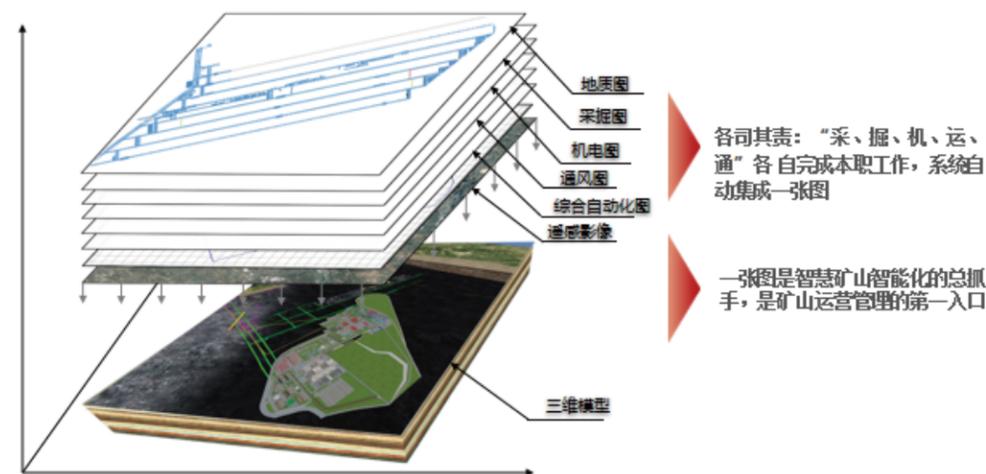


- 在矿企办公网核心交换机与生产网核心交换之间部署工业网闸实现物理隔离；在矿区地面环网与井下环网之间部署工控防火墙阻断病毒传播、黑客攻击等行为，限制违法操作。
- 地面环网、井下环网旁路部署工控网络审计进行异常流量、行为的安全审计协议分析等。
- 对矿区各调度室各操作站、工程师站部署主机安全卫士，对主机进行安全加固，同时进行终端的管控。
- 部署漏洞扫描系统，对上下位机操作系统和应用软件进行符合性安全检查。
- 生产管理层的服务器部署运维审计系统进行安全运维审计。
- 生产管理层的服务器部署工业日志审计进行安全运维审计。
- 部署工业安全态势感知对工控全网的资产进行统一管理,对各矿区的工控安全事件进行综合安全分析、预警和态势呈现。

5.1. 矿山资源

5.1.1. 三维GIS一张图

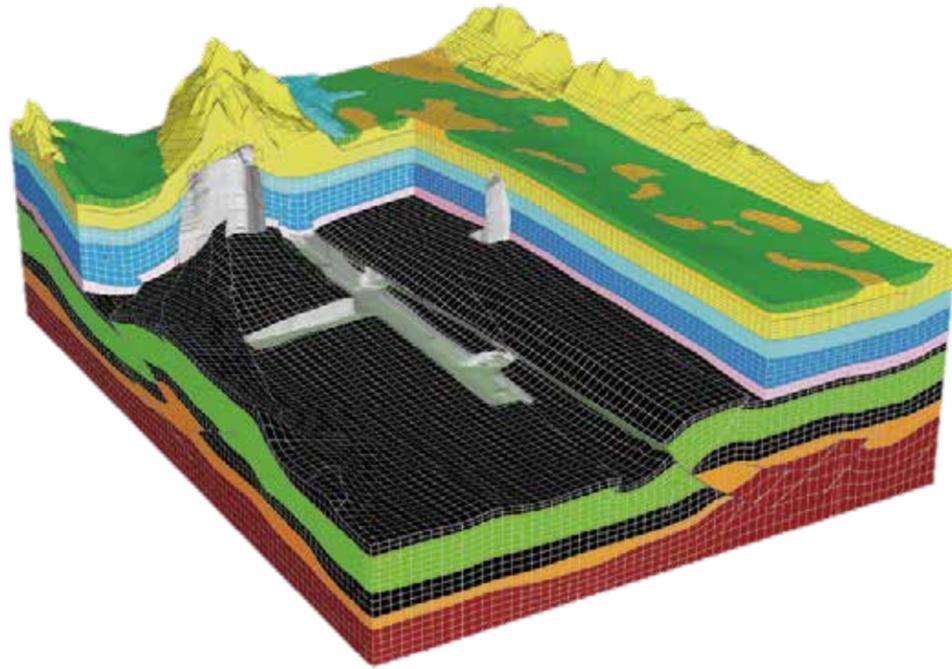
利用三维GIS、物联网、云计算和大数据等先进技术，通过融合矿山二维矿图和各子系统数据，对矿山“采掘机运通洗”各场景进行数字孪生再现，建立矿山大数据平台，构建矿山三维GIS一张图，打通各子系统的数，基于三维可视化场景实现矿区生产集控、安全监测、智能巡检、经营管理和决策智慧的一体化实时监测、分析预警、智能处置和精准决策，通过人工智能等AI模型对数据进行分析，感知并预测矿山运营中的各种风险和隐患，建设数字孪生、智能物联、智慧管控的一体化矿山可视化综合管控平台，实现矿山数字化向智能化、智慧化的转型升级。



5.1.2. 地质保障

智能矿山地质保障系统借助于5G、数字孪生、物联网、地质高精度建模、大数据分析等先进技术，以矿山三维GIS一张图为底座，建立图形和业务数据库，基于地质地测数据管理平台和矿山地质建模系统，建设地上地下一体化、静态动态信息一体化、室内室外一体化的透明化矿山和采掘工作面高精度三维地质模型，实现地测数据与模型联动、信息共享与业务协同、大数据决策分析与预测预警，提升矿井采掘和灾害防治工作的一体化、智能化管控水平，为煤矿安全生产和智能化开采提供业务支撑和有效的决策支持。





5.1.3. 安全管控

根据矿井煤层赋存条件及灾害类型，对接矿区的瓦斯灾害预警系统、水害监测系统、火灾束管监测系统、煤矿粉尘监测系统、动态矿压监测系统等，建设完善的智能安全管控系统。

对接/建设完善的瓦斯智能感知系统，并实现监测数据的自动上传、分析、预测、预警、瓦斯监测数据与通风系统、避灾系统等实现智能联动控制；

对接/建设完善的井上下水文智能动态监测系统，并与排水系统、避灾系统等实现智能联动控制；对接/建设完善的束管监测、光纤测温等系统，以及灌浆、注氮等防灭火设施，实现监测数据的自动上传、分析及联动控制；

对接/建设完善的火灾感知装置及防灭火系统，并实现智能联动；

对接/建设完善的顶板灾害在线监测系统，能够基于监测分析结果进行顶板灾害的预测、预警；具有冲击地压灾害的矿井，应建立完善的冲击地压监测、预测与预警系统，实现对冲击地压危险区域的有效预测、预警；

建立完善的智能灾害综合防治系统，实现多种灾害监测数据的融合分析与智能联动控制；入井人员装备与安全管控系统智能联动，实时采集相关信息。

安全管控系统具备涉及各个系统智能预警功能的算法，具有涉及各个系统避灾路线实时规划算法，具有智能感知系统，能实时测数据的自动上传、分析、预测、预警，同时可以实现智能联动控制，可以实现全矿井下的管控监督，预警等相关工作。

5.2. 智能采矿

5.2.1 智能化远控采煤

目前采煤机控制采用的多为现场总线、工业以太网以及区域无线模式，无法满足地面远程控制对延时以及传输可靠性的要求。

为了更好地实现远程控制，从前端数据采集到传输网络到顺槽控制中心及地面调度控制中心，可采用全5G传输技术，即“5G+环网”，利用其大带宽、低延时、高可靠、硬隔离的特性，将“UPF+MEC+应用”直接下沉到工作面，从而搭建起稳定可靠的端到端综采工作面。



图1-1 智能化远控采煤示意图

5.2.2 综采面视频拼接远控采煤

通过引入“5G+视频云+人工智能训练/推理”等信息通信使能技术，实现综采面视频拼接+煤机局部全视角视频拼接，建设大视野、无盲区的全景监视，达成采煤工作面看得全、看得清、看得准，支撑未来远程精准操控，提升远控司机体验感受并确保安全生产。



图1-2 综采面视频拼接示意图



» 可视化系统分为感知、联接、平台、应用四个层次：

- 感知层主要包括安装在液压支架上覆盖整个综采面的本安摄像仪、以及部署在煤机等特殊点位的摄像仪。
- 联接层主要包括5G通信系统、数通交换机，具备5G和有线双网备份功能，有效提升视频传输可靠性。
- 平台层主要涵盖视频云平台、视频拼接节点、AI推理节点，产生及存储上层应用所需的视频、图片、结构化数据。
- 应用层主要涵盖全景监控的呈现终端，包括IOC调度大屏、远程控制台，实现全景拼接后的视频呈现、信息显示、远程操控等功能。

5.2.3 采煤机无线远程监控

» 通过5G CPE实现综采工作面采煤机的低时延启停以及数据交互传输，具体为：

- 在综采工作面运输机头尾各部署1台5G基站，实现工作面5G信号的覆盖。
- 实现采煤机信号（包括机载高清视频、传感中心、参数控制）通过5G网络传输至地面控制室和列车控制室。
- 地面远程操作台和采煤机顺槽控制箱体内配置矿用无线转发器（5G CPE）和智能控制模块，实现地面控制室（列车控制室）与采煤机等设备的5G通信交互。

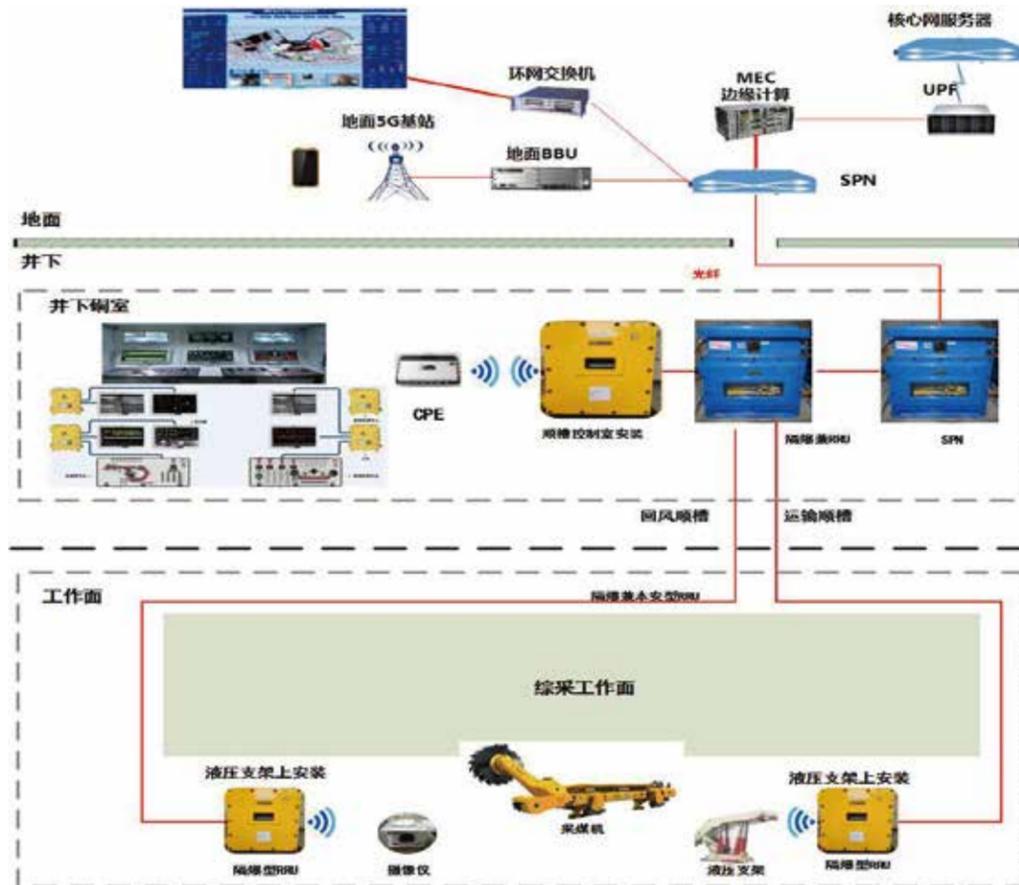


图1-3 采煤机远程控制拓扑示意图

5.2.4 运输三机监测

目前在刮板输送机机头、机尾、转载机、破碎机配套相关传感器、信号转换器，通过5G通信系统实现电机绕组温度、减速器油温、减速器轴温、冷却水流量、冷却水温度多种数据监测和三机之间的数据交互。



图1-4 运输三机监测示意图

5.2.5 掘进机远程控制

痛点

人员安全难保障：岩爆、透水和瓦斯泄露，易造成人员伤亡。综采面和掘进面占井下作业岗位20%，但统计历年事故，伤亡人数占80%以上。

工作环境恶劣：煤尘粉尘浓度高，采煤噪音大，矿区阴暗潮湿，矿工易患职业病。

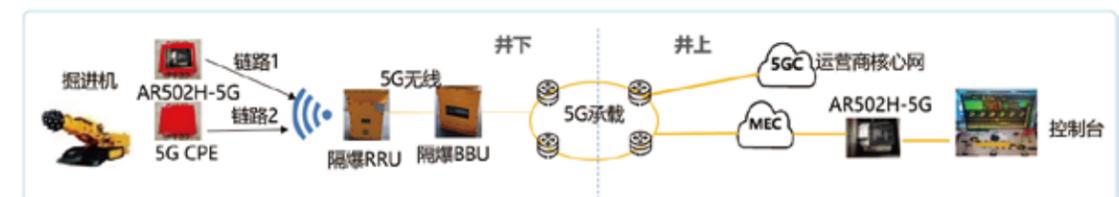
价值

实现了掘进机远程集控、自动截割、惯导定位。

井下减少1人/班次，共三班次，减少15%的岗位。

解决方案

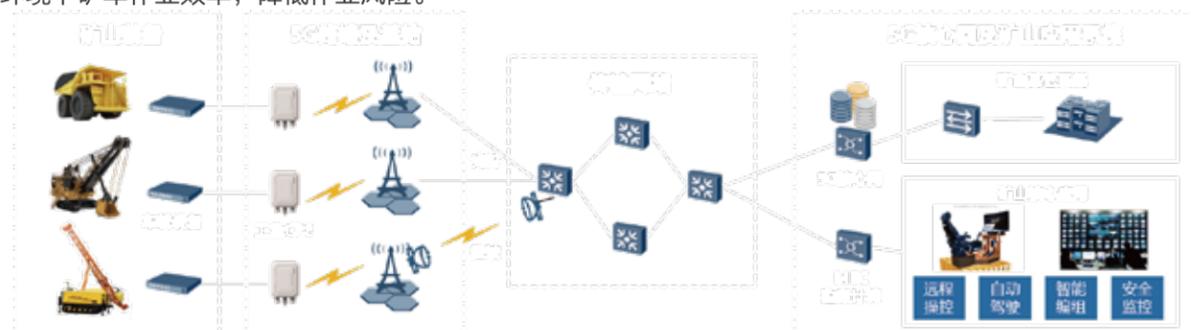
掘进机的远程控制可分为视频流、状态流和控制流。



- **视频流：**掘进机本地安装2-6个高清摄像头，远程操作平台的监控主机，基于作业场景实时拉取相应的画面，并实时显示摄像头画面。
- **状态流：**远程操作平台的工控机HMI（人机交互界面）实时显示接收来自掘进机PLC和雷达等的传感器数据（掘进机运行姿态），主要信息包括：机身与巷道中轴线偏移角、机身俯仰角、倾角等。
- **控制流：**结合远程操控台上的HMI画面和视频画面，操作员执行控制动作，产生PLC控制指令，并下发到掘进机本地执行PLC，实现实时掘进机控制。

5.2.6 露天矿卡无人驾驶

5G智慧矿区无人驾驶能够实现车辆远程操控、车路融合定位、精准停靠、自主避障等功能，有效提高特殊环境下矿车作业效率，降低作业风险。



要实现5G智慧矿区无人驾驶技术应用和智能化管理，需要解决几个主要问题：高速安全的网络保障、矿卡车辆自动驾驶解决方案的设计、远程智能调度监控平台的搭建、信息化管理平台及应用的建设、矿车的更新改造。

通过构建露天矿山矿石石方、原石运输矿卡无人驾驶作业集群，可最大程度减少工程现场作业人员数量，有效确保人员安全。

通过不断强化5G边缘计算能力与核心云计算能力，打造自动驾驶分级决策“大脑”，进而满足自动驾驶对高性能计算的需求。

利用5G专网网络，完成信令传递和远程控制等功能。融合GPS、视觉感知等技术，利用车载传感器、路测传感器的多层面数据，构建多维时空模型，确保车辆的环境感知。



对无人驾驶来说，边缘计算是必需，其使车车、车路信息的处理能力大幅提升。通过网络切片技术，能够实现AI场景化服务到5G网络边缘的高效部署和毫秒级的计算任务响应。

采取原有传统矿卡车辆进行无人驾驶改造、新无人驾驶矿卡车辆并入的方案，最大限度利旧、降低成本。改造后，它们均拥有激光雷达、毫米波雷达、差分GPS定位、5G无线通信、高清视频回传等多项先进技术。

5.2.7 露天矿电铲钻机远控



痛点

成本高：传统钻机需要人工现场操控，1辆钻车需要配备2名工人，人力成本高。

环境差：露天矿现场工作环境海拔高，气温低，环境恶劣，存在招工难的问题。

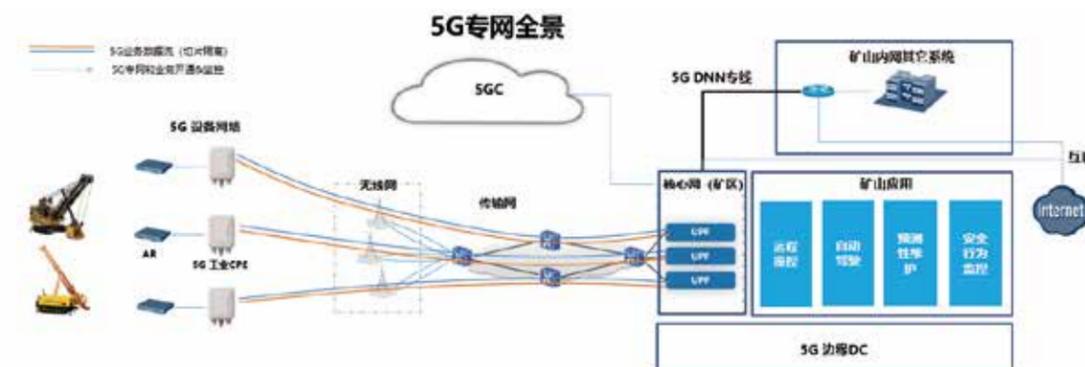
风险大：生产区易发生安全事故。

价值

环境舒适：操控人员工作环境从工作面转移到山下操控中心，工作人员环境更加舒适。

成本降低：对钻机的操控由1钻2人变成1人3钻，降低了人力成本，解决了招工难的问题。

解决方案



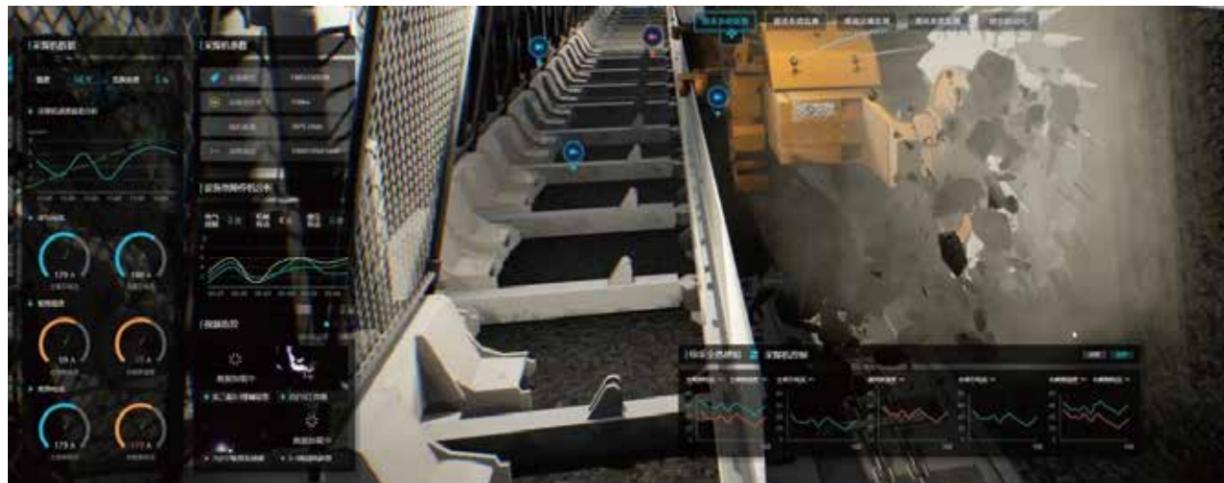
上行(视频回传): 掘进机8个摄像头, 带宽55Mbps

下行(控制指令下发): 时延要求50ms@99.99%, 带宽50~100kbps, 可靠性99.999%

建议使用64T64R设备覆盖工作平盘, 电联建议使用3.5G频段, 高容量场景叠加多频谱, 广域深度覆盖使用2.1G。使用端到端切片确保满足控制信令时延要求。

5.2.8 虚拟交互

基于5G网络高速率、低时延特性, 探索虚拟现实(VR)与增强现实(AR)在煤矿井下的应用, 实现现场实时巡检、专家远程辅助、生产培训等功能。

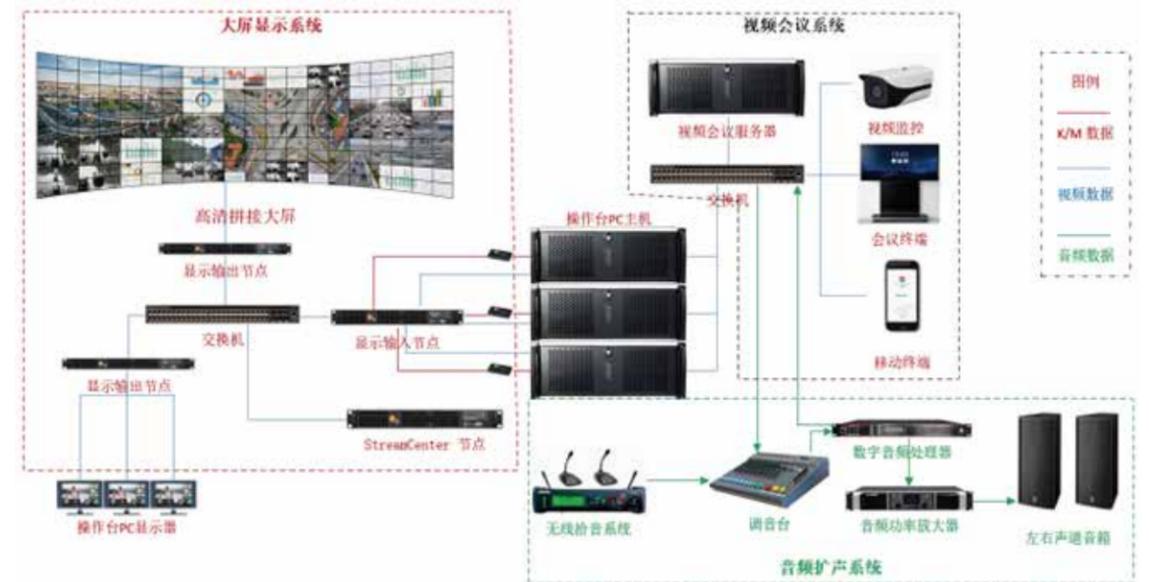


通过实时对接液压支架、采煤机、掘进机、破碎机的各项生产数据、视频数据等, 系统可以驱动实时模拟生产状态, 对产量预估、生产监控和安全监控进行一体化监管。

5.2.9 视频指挥调度

矿山是安全生产的重要领域, 当日常工作及面对突发事件时, 要同时满足语音、视频会商、监控融合通信需求, 及时获取应急救援现场态势、周边情况、物资保障、救援力量、专家资源等相关信息, 做到联动处置, 高效协同, 在协调过程中实现“看得见、听得到、喊得通”, 充分利用5G技术, 建立高效的视频指挥调度成为必然选择。

指挥调度中心信息化系统主要由大屏幕显示系统、视频会议系统和音频扩声系统构成。



· 小间距高清显示系统:

高清拼接大屏能够在有限空间内显示超高清分辨率图像或视频, 也能够容纳更多的画面同时显示, 以支持多方视频会议的画面高清、多业务画面同时上屏呈现。

· 自主可控的视频会议系统:

随着现场单兵设备的视频采集能力越来越强, 能够支持调用并形成实景研判分析的视频会议系统成为指挥中心和现场互动协同的有力武器。高清、稳定和安全是对视频会议系统的基本要求。

· 指挥调度中心的音频扩声系统:

指挥调度中心场地大、人员多, 普通的音频扩声无法满足正常的视频会商音质和音量要求, 必须因地制宜设计专业的音频扩声系统方案。



» 主要实现如下功能:

- 1.对远程视频终端的视频会商接入,实现高清、稳定、安全的视频会商。
- 2.对外部视频源的独立接入,实现只要是网络能连通并上传速率足够的IPC摄像头,均可直接读取并投放到大屏幕。
- 3.集中控制,任意调取信号(设置使用者权限范围),把信号投放到显示器及指挥调度中心大屏。
- 4.信号上大屏,支持拼接、跨屏、画中画、漫游。
- 5.直接访问电脑,单人一套鼠标键盘管理多台电脑,可以多显示器中鼠标漫游跨屏。
- 6.通过融合通信系统,将PSTN电话、IP电话、无线电话、集群对讲、视频监控、视频会议、扩音广播、无线图传、卫星电话等通信方式全部统一到指挥调度中心,实现一键指挥。
- 7.基于人、地、物的位置信息,在GIS地图上实时呈现,为指挥中心提供直观的全局信息。
- 8.满足信息安全,自主可控的要求,核心关键软硬件需全面支持信创,与信创服务器完美兼容,运行无损耗。

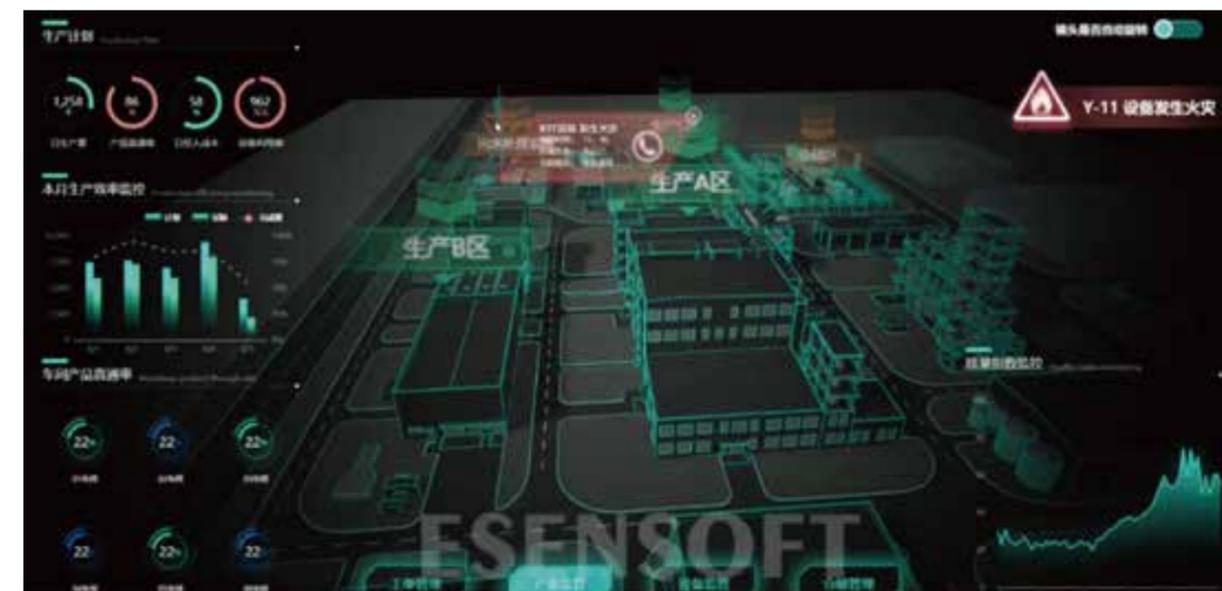
5.2.10 矿山态势可视化

随着安全生产形势的日益严峻和国家对安全生产的高度重视,提高安全生产监管工作的效率和透明度,构建高效、透明、快捷、安全的生产已势在必行。将可视化引入到安全生产管理中,突出了以人为本的管理思路,能有效地让人与设备、环境建立和谐友好的关系,将规则写在现场,将风险提前告知,着力提升现场安全的管控能力,帮助企业提高生产效率、提升产品质量,实现工厂全面透明化管控,做到看得见、管得了、能联动。



建成以企业地图数据为基础的,集生产作业流程、各重大危害点、硬件设备分布、人员信息等数据于一体的信息管理系统,信息整合集中为“一张图”展示,实现对厂区各要素状态的实时监控。企业安全生产管理;重大危险源分类管理、空间查询、统计分析等功能;危害区域智能分析;事故救援辅助决策等多种管理决策功能,全面提升厂区可视化管控。

提供实时监控、录像回放、电子地图、报警管理、电子巡更、工单管理、设备管理、人员管理、环境管理、风险管理、安防管控,以及本地配置等功能。



在可视化管控中会用到大量的物联网设备、需要大数据处理能力,5G技术在低时延、高密度海量连接、可靠性、以及网络移动性等方面具备显著优势,为移动设备的数据稳定传输提供强有力的保障。

利用5G技术的高速率、低时延、高可靠和边缘计算等特性,与人工智能技术进行有机结合,创造基于5G的安全生产可视化管控业务,5G提升上行带宽,支撑高清视频、精细视觉识别,提高对视频识别实时性和高可靠性,可大幅度提升厂区内的生产管理效率。

5.2.11 智能巡检

机电硐室巡检

作为矿道内设备机械的电能中枢,矿山机电硐室内设备的正常运行具有重要意义。目前常规运维操作是电力人员定期巡检,存在的问题是人员可能因为个人经验、工作态度或情绪问题造成对设备故障的巡检失误;同时,机电硐室在矿道内,如果在巡检期间发生事故,机电硐室内人员也会存在生命危险。

机电硐室巡检机器人,可以设置更高频率的巡检,全自动智能化,稳定识别仪表数据,并进行危险预警,实现对人工的替代,规避人身安全风险。



机器人采用轮式驱动，使用激光SLAM导航技术，确保运动与监测点位的精准定位。采用三级升降设计，能够支持0.3m~1.6m的垂直检测范围，确保不同高度的仪表都可以看得到。5G通信模块的集成，可以确保机器人采集数据实时上传，几无时延。



在识别和预警方面，机器人基于多传感器融合技术、通信云技术、神经网络算法系统、大数据分析系统，实现了智能化巡检与管理，支持以下功能：

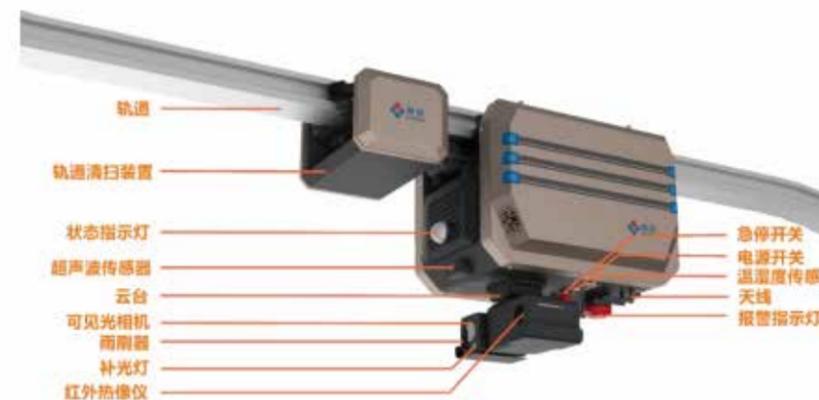
- **局部放电检测**：通过局部放电感应器对设备表面静电进行监测并排除静电。
- **识别各类仪表与设备运行状态、异常故障**：通过人工智能技术，学习识别仪表/设备的正常、异常状态，巡检现场迅速发现，快速报警。
- **红外测温**：通过红外传感器测量机电硐室内的温度。
- **烟雾报警**：通过烟雾传感器对机电硐室内的烟雾监测并报警。
- **PM2.5监测**：当机电硐室内PM2.5超过阈值时，快速报警。
- **大数据趋势分析预警**：机器人远程管理端接收巡检数据，并对部分关键数据进行趋势建模，当达到预警条件时，系统主动预警提示。

输煤栈桥巡检

煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑，输煤栈桥智能巡检是其智能化的重要一环，将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等技术深度融合，形成全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、动态预测、协同控制的智能系统，实现煤矿输煤栈桥的智能化运行，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。5G网络通讯结合智能巡检机器人，保障数据实时传输，为客户打造一体化解决方案。

输煤栈桥巡检可检查如下问题：

1. 检查输送装置是否出现跑偏、撕裂现象。
2. 检查输送装置头尾部辊筒与驱动装置是否出现发热现象，对室内齿轮机、电动机、联轴器等装置进行温度监测，判断运行是否正常。
3. 检查托辊外观与运行噪声信息，判断是否出现异响现象。
4. 检查输送区域环境状态信息，查看是否出现气体与粉尘浓度超标与异常现象。

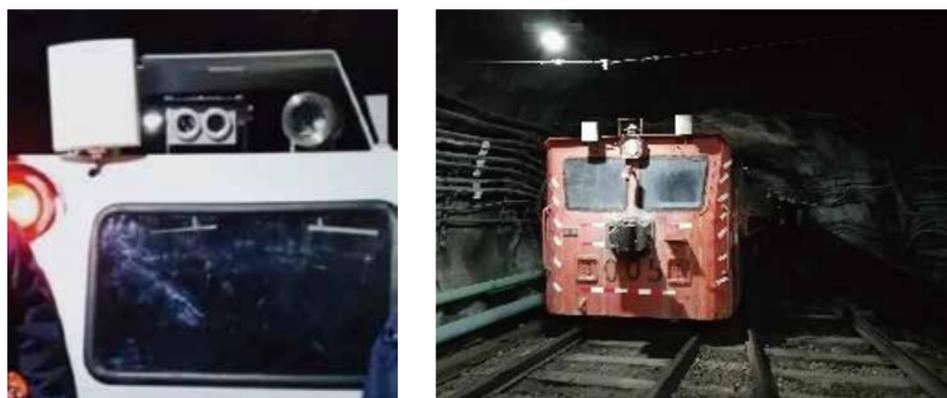


智能巡检系统由智能巡机器人系统、智能无人机系统、辅助安全管控的智能巡视系统、本地监控管理后台、远程集控管理系统、通信网络系统、供电系统及其他相关配套设备构成。



5.2.12 有轨电机车远控

有轨电机车为蓄电池变频动力类轨道运输设备，在主要的运输巷道、辅助运输巷道、掘进巷道中对矿车进行牵引，完成原煤，矿石，矸石，材料，设备，人员等的运输任务。



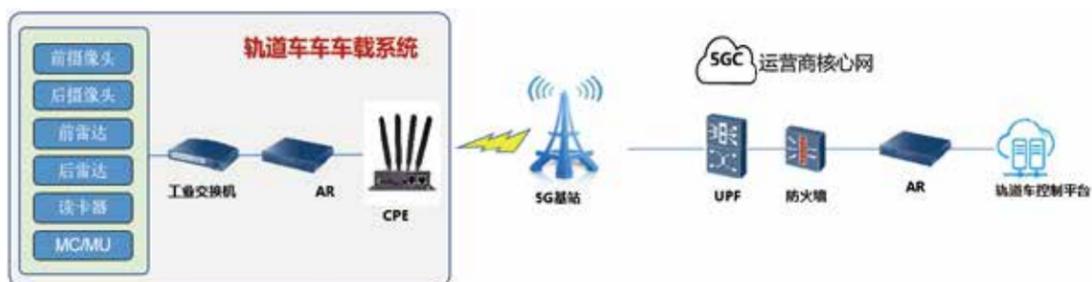
痛点

人员安全难保障：1辆电机车只能坐一个人，干线运输距离较长，把钩工步行跟车，人员易疲劳。

价值

人员：电机车司机和方矿工合二为一，一名矿工可控制多台机车，减少卸矿点岗位人员。
设备：降低人为操作对设备的消耗成本。

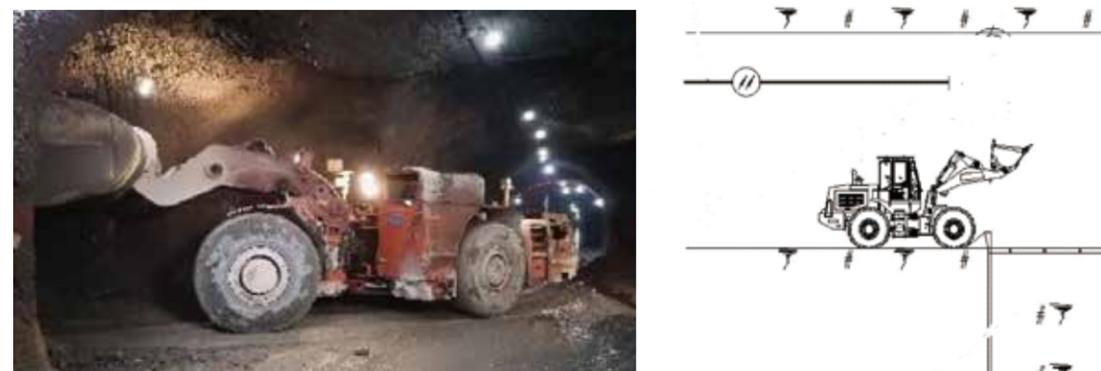
解决方案



- 全自动巡航运行：根据运输水平各电网实际情况以及要求，构建巡航模型，实现机车自主调节行车速度。
- 远程手动装矿：通过对装矿设备的控制，可在地表实现远程人工手动装矿
- 障碍物检测及安全保护：通过在车前加装高精度雷达装置实现车前方对人、车、落实的检测，保障车辆安全距离，车辆自主完成鸣笛、刹车等一系列操作。

5.2.13 铲运车远控

非煤矿山一般使用钻爆法的方式进行开采，开采出的矿石通过铲运车将矿石运输到有轨电机车上。



痛点

人员安全难保障：穿脉内存在安全隐患（如突泥灾害），对人身安全造成威胁，为安全生产带来潜在影响。

价值

无需人工穿脉内操作，在远控中心进行操作，降低生产安全风险，提升人员工作环境。
提升总体铲运业务总体效率1.5-1.8倍。

解决方案



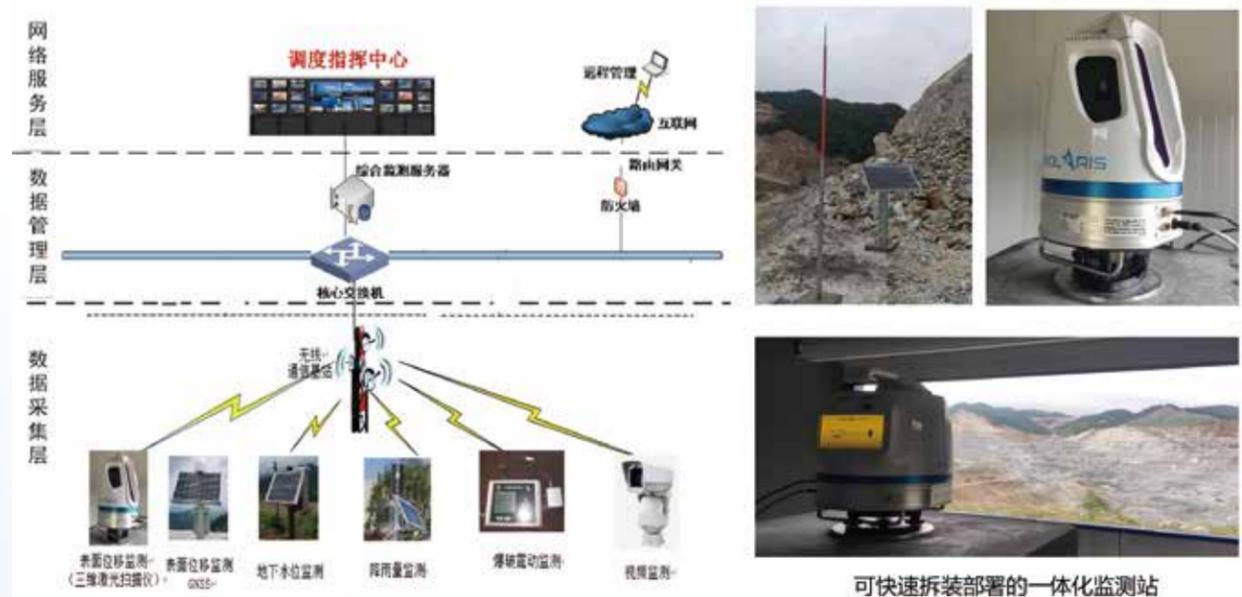
- 上行(视频回传)：带宽34Mbps
 - 下行(控制指令下发)：时延要求50ms@99.99%，带宽50~100kbps，可靠性99.999%
- 使用双发选收方案确保时延稳定。



5.2.14 边坡监测

露天矿边坡变形是露天开采最大的安全隐患，我国矿产资源丰富，矿山开采量大，一旦发生险情，对于矿山的开采与人员安全会造成极大的威胁，为保证露天矿的安全生产、全面监测矿山边坡的变形情况，建立边坡监测系统势在必行。

边坡监测的主要内容有位移监测、降雨量监测、边坡浸润线、应力监测、裂缝监测等。需要结合监测边坡现场实际情况，调整相应的监测内容。边坡监测的主要方式有有边坡雷达监测、GNSS定位监测、全站仪测量、传感器监测、传感光纤监测等。

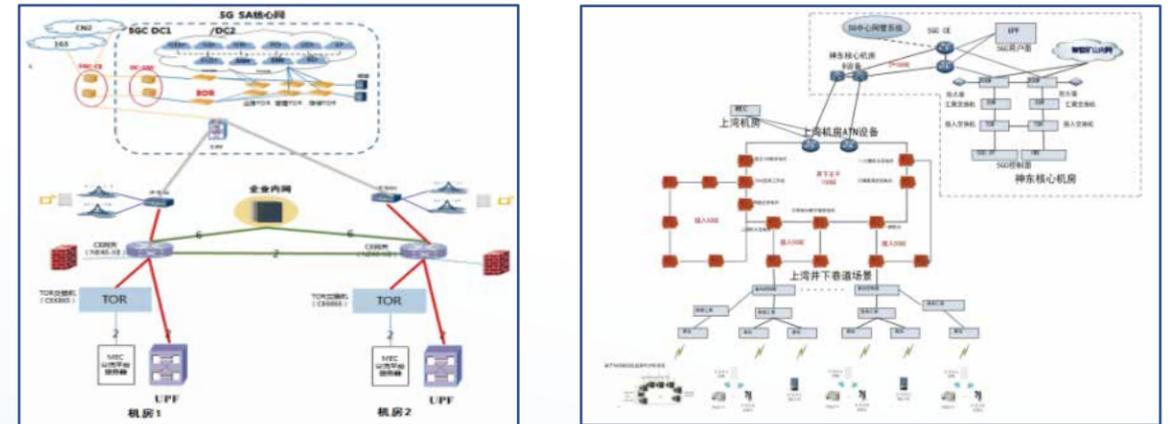


06 矿山典型案例

TYPICAL CASE OF MINE

6.1. 神东煤炭集团-上湾矿“5G智能煤矿”项目

神东煤炭作为亚洲最大的煤矿，技术经济指标国内第一、世界领先。为满足神东信息化发展要求和业务应用需求为出发点，神东煤炭集团、陕西电信、煤炭科学技术研究院、华为技术有限公司通过一年多的深度合作，在神东煤炭集团上湾煤矿共同创新探索采用先进5G技术，在可靠、安全、高质量的工业网络基础上实现5G+生产及运营的智慧化应用。



井上建设方案：室外宏站与室内分布系统相结合，对办公区、生活区、生产区进行全覆盖；新建5G+MEC将UPF下沉集团机房，对神东5G专网数据进行本地闭环，数据不出神东。

· 井上建设方案：

室外宏站与室内分布系统相结合，对办公区、生活区、生产区进行全覆盖；新建5G+MEC将UPF下沉集团机房，对神东5G专网数据进行本地闭环，数据不出神东。

· 井下建设方案：

部署整套5G SA核心网、5G传输环网、矿用隔爆5G基站，实现井下5G网络全覆盖，满足百万级用户和终端接入需求。

该项目实现了全国首个运营商机5G核心网落地企业，并且融合UWB单基站定位技术实现高精度的井下定位能力，精度可以达到厘米级。

中国电信为神东煤炭集团提供5G+云网融合解决方案，构建神东煤炭集团云网一体化基础设施，为神东煤炭集团打造优质的科技创新环境，树立创新高地品牌，起到至关重要的作用。



6.2. 陕煤集团榆北煤业 — 小保当矿“5G智慧矿区”项目露天矿无人驾驶

陕煤榆北小保当矿业旨在打造业内一流绿色高效智慧能源企业，总体目标是形成小保当煤矿智慧系统，全面智能运行，科学绿色开发的全产业链运行新模式，打造“智能+绿色”矿山新体系。作为2020年陕西省“5G智慧矿区”试点示范项目，需形成小保当矿区全面感知、实时互联、分析决策、自主学习、协同控制的完整智能系统，实现矿区采掘、运通、安全保障、生产管控等全过程智慧化运行体系。



5G网络采用室外宏站与室内分布系统相结合，对办公区、生活区、生产区进行全覆盖；井下新建35套5G基站，主要覆盖副斜井、辅运大巷、掘进工作面胶运顺槽、综采工作面、中央变电所、中央水泵房；新建5G+MEC将UPF下沉到本地机房，对小保当5G专网数据进行本地闭环，数据不出厂区。基于5G通信技术，实现了无人驾驶、智能综采工作面等智能化应用。

项目的成功实施深化了陕西电信与客户、战略合作单位的关系，为进一步加快5G+智能矿山项目的推广、践行“云改数转”及落实高质量发展夯实了基础。提高小保当煤矿生产效率和经济效益，打造了5G+无人驾驶、5G+智能工作面等应用场景，提高企业创新品牌效应。

6.3. 陕煤集团彬长矿业—小庄矿“5G智慧矿区”项目

陕煤彬长小庄矿业自然灾害严重，“水、火、瓦斯、煤尘、顶板、地热、冲击地压”灾害一应俱全，是全国自然灾害最为严重的矿井之一。作为2020年陕西省“5G智慧矿区”试点示范项目，提升小庄矿井无线网络基础设施水平，通过嫁接多场景高清图像分析、无线安全监测泛在感知和数字孪生工作面生产执行等场景，丰富矿井安全生产管理手段。



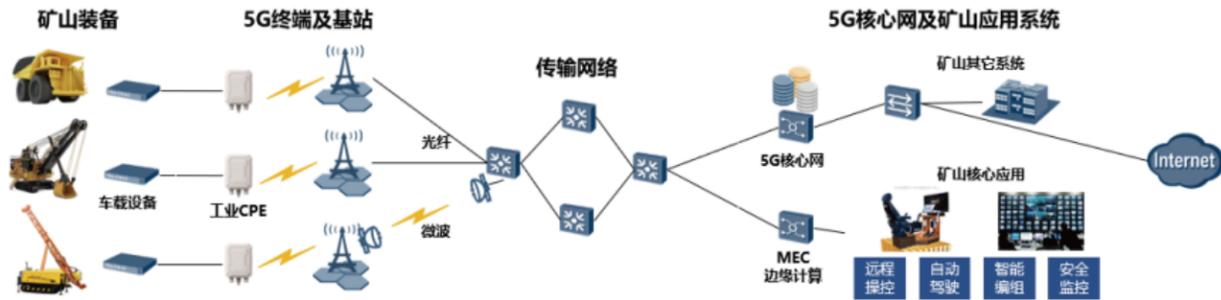
利用5G无线通信、MEC架构、大数据、图像识别等先进技术，在综放工作面、掘进工作面、井下中央变电所，构建高效的智能化生产执行、经营管理和科学风险预警体系，实现基于5G通信技术的多场景高清图像分析系统、无线全感知安全生产系统、数字孪生工作面生产执行系统的建设。

全国首个复杂地质条件下的5G智慧矿区，中国电信首个井下网络施工白皮书，陕西首个NB+VPDN无线专网，项目形成了全部中国芯、数据全感知、生产全孪生、安全全覆盖、运营全管控的建设模式，多项技术在国内煤矿智能化建设领域实现新突破。

6.4. 准能露天矿山：亚洲最大5GtoB露天矿山项目

准能集团露天煤矿目前最大规模5G露天矿商用项目，两大3000万吨级露天煤矿5G全覆盖，规划103套基站全覆盖两大露天矿，200多台矿卡核心装备无人驾驶、远程驾控应用、1000台+辅助设备实现视频回传。





梳理3大场景20+类设备的生产流程、运行模式、业务数据类型、原子部件网络需求、地理空间场景分布等因素，实现业务需求到5G网络需求精准转换。

解决方案

- **5G超级上行：**
2.1G+3.5G优质频谱超级上行，近端上行速率可提升20~60%，偏远弱覆盖区域最大可提升300%。
- **智能微波：**
针对部分矿区光缆铺设难问题，采用矿区基站微波无线回传技术实时监控天线姿态调整波束方向，实现天线晃动场景下仍可对准。
- **油电混合供电：**
针对部分区域取电问题，采用油电混合方案，油机和蓄电池交替供电，既解决无市电问题，又比传统油机房更省电、设备寿命延长。
- **拖曳式智能升降塔：**
液压式升降&便捷式拖曳，L型托架创新减小占地面积。

方案优势

高安全高可靠，端到端安全设计+关键设备冗余，5G超级上行，带宽提升30%、覆盖增强20%，微波无线回传，解决部分矿区光缆铺设难问题，油电混合，比传统油机房更省电、设备寿命延长，定制化服务，快速站点搬迁与网络优化方案。

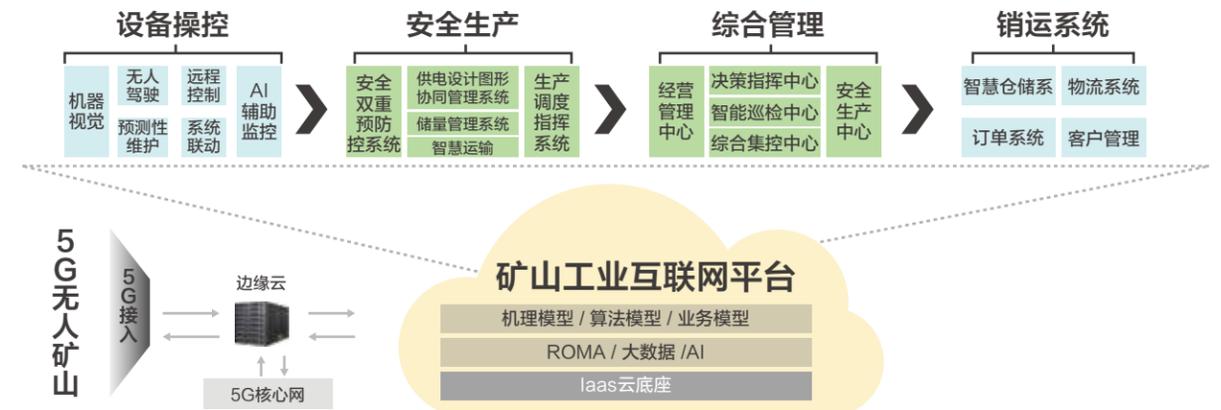
6.5. 白音华煤矿：首个5G+工业互联网智慧矿山

(一) 智慧矿山需求

- 矿区安全能力建设难，人员、车辆违规行为管理难度大。
- 矿区14个子系统互为信息孤岛，系统间缺少统一的网络互联、数据平台和监管系统。
- 矿区光缆资源覆盖难，视频监控质量差、清晰度低，只解决“看得见”问题。

(二) 方案&场景

5G视频监控：通过5G大带宽、低时延能力，使用5G摄像头在无光纤接入场景，进行高清视频监控，并作为无人驾驶试点的回传网络。



- 5G+天翼云HSCO底座，打造14个子系统互通的工业互联网
- 实现准入、监控、预警、应急、培训、无人六大矿山应用功能
- 使用人工智能完成人员、设备信息采集、分析、预判、告警、监督
- 同力重工联合进行无人驾驶业务测试

(三) 方案优势



- 1个平台，6大功能，2级管控，14个子系统高效融合
- 构筑煤矿安全行为智能监管、安全决策实时管控系统。助力企业智慧化管控和安全生产工作
- 方案：整合5G+工业互联网在智慧矿山场景的行业解决方案

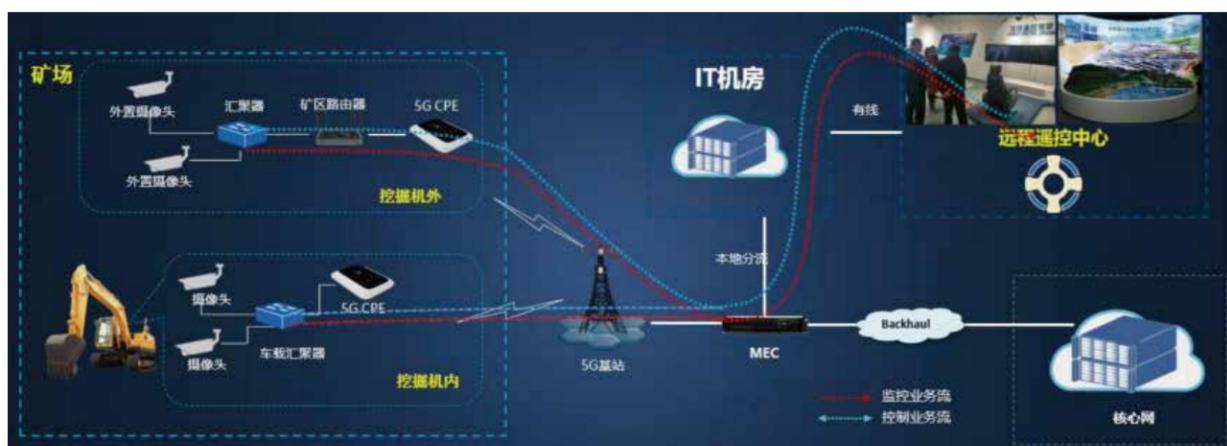


6.6. 栾川龙宇铝业公司南泥湖钼矿智能化

栾川龙宇铝业公司南泥湖钼矿智能化矿山工程5G网络建设及应用项目于2020年05月19日开始全面展开工作。5G网络项目建设及应用实现南泥湖露天采场5G网络全覆盖，满足智能化建设的数据传输需要，5G网络项目包括5G网络建设、基于5G网络的远程挖掘机操作平台、对讲调度系统等相关项目。

(一) 5G技术用于挖掘机远程遥控所具有的优势

基于5G低时延、高带宽、高可靠通信实现现场视频回传及挖掘机控制命令下发，通过MEC实现视频本地分流，进行业务处理，提高实时性响应。



(二) 基于5G专用网络的通信系统方案



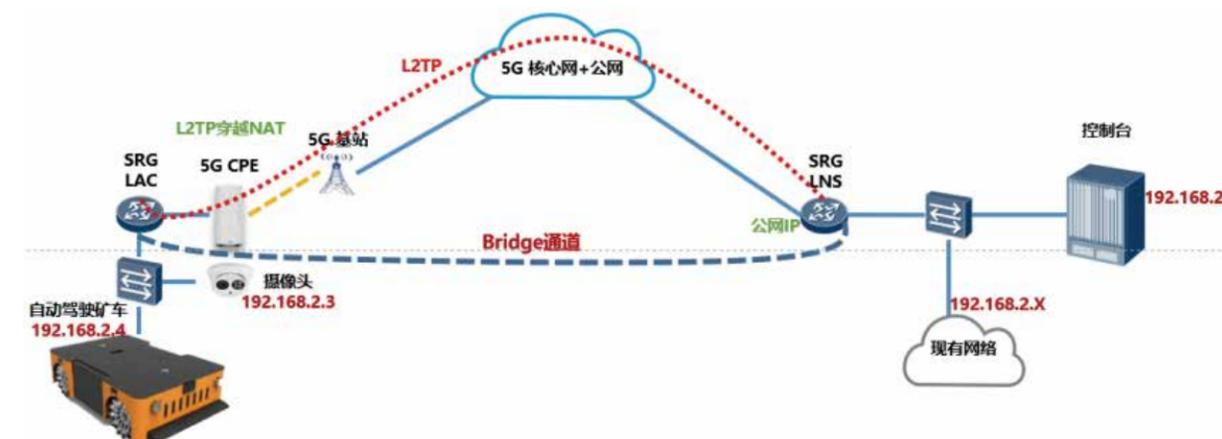
用于确保发射系统、接收系统的控制信号视频数据实时地、准确地监控中心和工作面车辆之间传输，根据距离要求和通信需求的不同，可以分为基于5G专用网络的通信系统和基于5G公共网络的通信系统。

(三) 5G矿山项目成果



6.7. 龙首矿“5G+电机车无人驾驶”项目

龙首矿“5G+电机车无人驾驶”系统是“5G+无人驾驶”的工业场景的典型应用。该项目是国内首个矿山生产环境下，通过5G通信实现有轨无人电机车控制，高清视频回传应用项目。通过中国电信5G网络在工业现场的覆盖，利用5G高速率、低时延特点，将有人驾驶的电机车全部改造为5G无人驾驶电机车，电机车控制信号、车载视频信号均采用5G网络进行数据传输，全面提升无人驾驶系统的稳定性、可靠性。目前14台5G矿料运输无人电机车，1台无5G人检修车均投入生产运行。



(一) 组网方案

- 分别在控制台和矿车侧部署一台SRG路由器
- 控制台侧SRG通过城域网接入
- 矿车侧部署一台CPE，下挂一台SRG路由器
- 两台SRG路由器之间启用L2TP隧道，SRG业务侧启用bridge通道，实现两内网二层互通
- 现网不需要改变网络结构和IP

(二) 项目效果

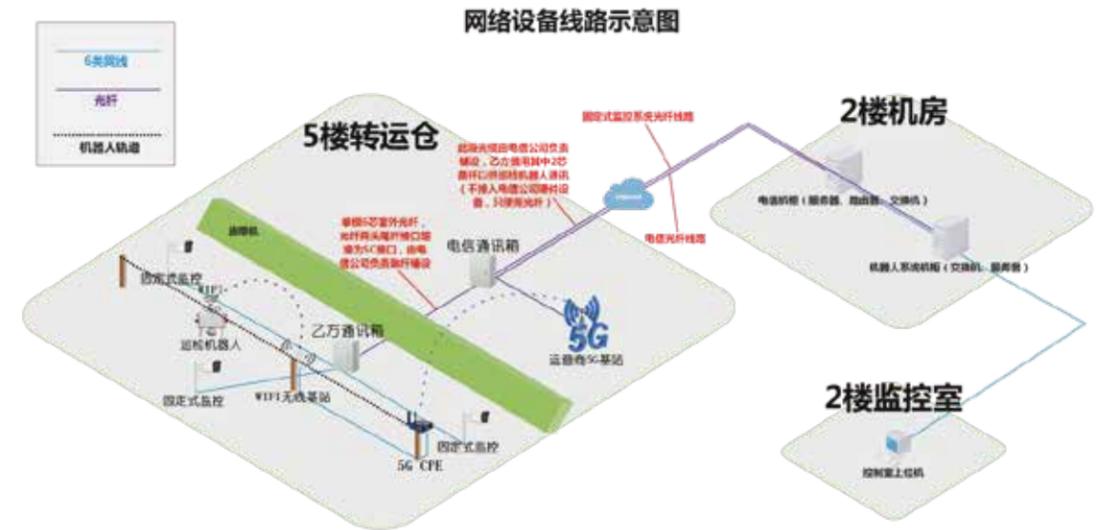
该项目已在金川集团股份有限公司龙首矿1703水平常态化生产应用，项目成功实现了现场无人值守，消除了人员现场安全隐患，达到了现场“无人则安”的安全管控目标；现场设备操控任务全部在集控室就可完成，职工工作环境得到了极大改善；项目实施取得了显著的经济效益，共减员24人，效率提升22%，年创造经济效益520万元；在“智慧矿山”建设、人员紧张等大背景下，从实际需求出发，项目大大缓解了缺员矛盾，提高了生产效率；从发展需要出发，项目攻克了有轨运输系统“三化”建设难题，极大促进了“智慧矿山”的建设步伐，项目实施具有极强的实用性。

6.8. 龙首矿“5G+卸料皮带巡检机器人”项目

项目在皮带运行、安全防护、设备设施全面升级的基础上，搭建5G通信平台，利用5G技术建立起以巡检机器人为主体的、在线视觉检测装置为补充、智能集控平台为核心，对皮带机进行全场景AI智能巡检，面向皮带输送设备的智能化运维管理系统。



(一) 5G建设方案



巡检机器人系统采用5G的通讯方式。整体网络通讯分两步实施：第一步，采用WIFI基站实现巡检机器人系统的网络通讯；第二步，5G信号完全覆盖后，增加5G模块，完成5G通讯部署。

(二) 项目效果

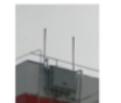
项目成功实现了现场巡检无人化，消除了人员现场安全隐患，保证安全生产管理资源得到充分利用，减少生产管理成本，提高安全生产管理工作效率，充分发挥安全生产管理成果在宏观和微观领域的作用，使安全生产管理的成果成为企业决策的重要依据。



6.9. 化工新材料“5G+防爆机器人巡检”项目

落实国家应急管理部下发的《“工业互联网+危化安全生产”试点建设方案》文件（2021年27号）的重要任务内容，金川集团化工有限公司是全国首批试点的74家单位之一，也是甘肃省唯一一家试点单位。目前试点项目整体建设内容包括5G+防爆智能巡检机器人、生产区域人员精准定位、5G+设备TPM运维管理、5G+安全预警监管平台等。

（一）解决方案

四轮四驱 爬坡：15° 速度：1m/s 续航：8H 防爆：Exd IIC T4	激光导航 高精度：±10mm 大范围：50万m ²	安全 超声波 触边 视觉	 防爆机器人本体	 防爆WLAN基站	 防爆自动门
看 表计识别、 跑冒滴漏、烟火识别、 工服检查、随工监督	听 动设备声纹识别	闻 可燃气体检测 有毒气体检测 气体泄漏遥测			

- **环境温度：**现场环境最高温度约为50℃，机器人工作温度范围-40℃~+80℃。
- **充电温度：**现场选择充电桩位置为靠近窗口，通风良好，低于车间最高温度，满足机器人充电要求。
- **磁场问题：**强磁场对巡检机器人导航不会产生影响，内部控制系统采用隔磁处理，可稳定运行，巡检机器人外壳采用316SS不锈钢材质，不会被磁化。
- **腐蚀问题：**现场有较强腐蚀源，产品内部器件采用3G以上等级防腐处理。

巡检机器人外壳采用316SS不锈钢材质，并涂装防腐漆，耐盐雾、耐酸、耐碱腐蚀。充电房建设：现场为室内应用环境，安装防爆充电桩即可。

（二）项目效果

5G+防爆智能巡检机器人的应用，大大降低了一线员工的生产安全风险，提升了巡检效率、巡检质量，巡检频次由人工巡检的4小时/次提升到2小时/次，同时巡检过程中，针对设备关键数据进行了平台记录及分析，对后期设备检修工作提供很好的数据支持，进一步提升了企业的信息化管理能力，也为危化企业针对安全生产及设备、人员管理方面提供的探索、发展的思路。

7.1. 存在问题

- （1）各省智慧矿山的建设处在起步阶段，国家虽然出台了标准、指南等，但针对不同省份、地区就矿山具体设计、验收等缺乏统一的标准性文件。另外各个集团及矿井地质条件不同，开采条件千差万别，开采工艺参差不齐，矿井智能化建设和发展极不均衡。
- （2）在矿山企业安全生产过程中，需监测和搜集环境参数和生产设备参数，但由于各种生产设备接口不统一、协议“七国八制”，导致存在大量异构网络，重复覆盖不兼容，普遍存在信息孤岛。为利于数据集成、挖掘和分析，需对井下设备生产厂商的参数和接口进行统一约束和规范。其次，针对已存在的异构网络缺乏相互通信的手段，缺乏整体的管理来实现负载均衡。同时，大量异构网接入带来的网络安全问题也不应忽视。
- （3）智慧矿山的建设需要大量专业人才，而智能采矿专业属于交叉学科，在进行智慧矿山建设时需要大量煤炭开采、信息技术、企业管理等知识的复合型高新技术人才，具有采矿专业和信息技术专业背景的复合型人才储备不足。

7.2. 发展目标

- （1）**加强技术融合创新**
 加强先进技术融合，加速矿井智能化进程。推进云计算、大数据、物联网、人工智能、移动互联等新一代信息技术与智慧矿井深度融合集成，在省内开展创新技术应用示范工程，树立行业标杆，推进交叉学科的技术融合。
- （2）**建设创新型人才队伍**
 加强先进技术融合，加速矿井智能化进程。推进云计算、大数据、物联网、人工智能、移动互联等新一代信息技术与智慧矿井深度融合集成，在省内开展创新技术应用示范工程，树立行业标杆，推进交叉学科的技术融合。
- （3）**统一规划顶层设计**
 细化行业顶层设计，形成统一建设标准。在推进智慧矿山建设中，要进一步细化建设标准，规范各类智能化参数、接口、协议的标准，为后期统一管理打好基础。同时，推进部属技术支撑保障力量、教学科研力量整合，加强与相关领域国内外知名高效、科研院所及信息技术领军企业的长期稳定合作，弥补省内企业自身力量不足。



7.3. 关键技术赋能

(1) 物联网技术

矿山物联网是指通过矿用防爆传感器、射频识别技术、定位系统等装置，采集井下瓦斯、顶板、设备状态等监测信息，基于工业互联网、局域网、5G等信息传感网络，实现物与物（人）的泛在连接、互联互通和对监测物体的智能感知和管理。矿山物联网和大数据技术紧密相连，提供矿山企业生产智能化水平。

(2) 矿山大数据挖掘技术

矿山大数据有4V特征：数据体量大、增长速度快、数据类别多、价值密度低。由于煤矿数据类型复杂，传统分析方式很难找出数据间的关联性，不能准确对煤矿安全事故进行预测预警，因此要利用数据挖掘的方式找出关键数据，代入神经网络灾害预报预警模型，对水害、火灾、瓦斯、冲击地压进行有效预警十分必要。

(3) 大数据智能化决策

智能化分析决策在安全、生产、管理及决策中的作用将日益凸显。例如，在矿山安全管理领域，安全监控系统及其监测联网已经相当普遍，构建了完善的灾害监控和预测预警体系，达到了对矿井瓦斯、水害、火灾、冲击地压等事故的防控。未来，在云平台和大数据平台上，融合多源在线监测数据、专家决策知识库进行数据挖掘与知识发现，结合数值计算和模拟仿真等，将实现基于GIS的空间分析技术，实现设备、线路和通风网络系统的故障诊断、水和瓦斯危险区采掘报警等关键技术；基于GIS空间分析结果，实现应急预案和救援方案的自动生成和动态更新。

(4) 人工智能与机器学习技术

人工智能可应用于识别煤矿透水等异常事件或规划逃生路径，提供合理方案。聚类分析应用到矿业工程的煤岩识别(图像识别)、资源勘察基地划分上，相比于利用超清摄像机捕捉图像进行煤岩识别易受光照、粉尘、电磁干扰等特点，聚类分析可达到更好的效果。

(5) 三维地理信息系统

智慧矿山综合自动化形态将组态数据和地理信息GIS平台进行融合，实现基于真实地理信息的综合自动化管控平台。也就是说，将所有的生产、监测和控制信息以矿井采掘平面地图为载体，在平面地图上分层集中显示，实现集中显示和集中控制、数据管理分析、为生产决策提供数据依据。采用基于地理信息的综合自动化管控平台，不仅实现了开采设备和煤流系统的精确控制，单矿采煤效率提高39.5%、吨煤成本下降29%。

(6) 三维可视化技术

三维可视化技术是以数据模拟仿真的方式，显示描述和理解井下诸多地质现象特征和事物特征的一类技术。该类技术利用三维模型构建和模拟仿真的方法、视觉渲染方法、视觉标定方法和视觉绘制等方法，可实现虚拟现实和增强现实。三维可视化技术可以应用于矿井三维场景的虚拟仿真、基于虚拟现实技术的岗位培训、基于三维点云场景下的语义分割和多媒体内容理解等方面。利用三维可视化技术可以有助于工作人员更加直观和深入的了解矿山企业生产工作状况及相关信息，为智慧矿山的建设提供更加丰富的智能化技术手段。

7.4. 技术研发与验证

(1) 重大事故的应急救援与分析处理

矿山一旦发生诸如瓦斯爆炸、煤与瓦斯突出、矿井突水等重特大事故，先进的救灾技术和装备是挽救生命、减少人民财产损失的保障。当前，井下无线救灾通讯、井下人员的跟踪管理、遇难人员定位等技术装备是急需开展攻关研究并产业化的。事故的分析处理是一项技术性很强的工作，对灾害发生的过程的智能仿真，勘察和技术分析都必须借助于必要的技术手段。

- 矿山重大灾害事故的应急预案及救灾辅助决策系统
- 矿山重大灾害的救灾技术与装备的研究开发
- 矿山主要灾害的智能诊断和仿真模拟技术研究

(2) 瓦斯突出防治技术

推广区域瓦斯突出预测技术和日常预测技术，降低防突成本，提高突出矿井生产效率。推广电磁辐射法，无线电波透视法等探测突出构造新技术，提高突出预测的准确性、推广严重突出矿井综合防突技术，减小突出灾害次数，保障安全生产。

- 瓦斯突出区域预测技术
- 瓦斯突出预测敏感指标及临界值确定技术
- 长钻孔控制爆破防止突出技术
- 机掘、机采工作面防突措施及配套装备
- 煤与瓦斯突出监测技术与装备
- 突出危险预报仪等便携预测仪器
- 煤与瓦斯突出综合预测技术与装备



8.1. 规范性引用文件

序号	文件名称	发布单位
1	《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》	国家发展改革委、国家能源局、应急管理部、国家煤矿安全监察局、工业和信息化部、财政部、科技部、教育部
2	《煤矿智能化建设指南（2021年版）》	国家能源局、国家矿山安全监察局
3	《能源领域5G应用实施方案》	国家发展改革委、国家能源局、中央网信办、工业和信息化部
4	《5G应用“扬帆”行动计划（2021-2023年）》	工业和信息化部、中央网信办、国家发展改革委、教育部、财政部、住房和城乡建设部、文化和旅游部、国家卫健委、国务院国资委、国家能源局
5	煤矿安全规程	应急管理部
6	智能化煤矿验收管理办法(试行)	国家能源局
7	GB50174-2017数据中心设计规范	住房和城乡建设部
8	GB/T51272-2018煤炭工业智能化矿井设计标准	国家质量监督检验检疫总局
9	GB/T17626电磁兼容试验及测试技术	国家质量监督检验检疫总局
10	GB/T20540.3工业控制系统用现场总线	国家质量监督检验检疫总局
11	GB/T22239-2019信息安全技术-信息系统安全等级保护基本要求	中国国家标准化管理委员会
12	GB/T25070-2019信息安全技术网络安全等级保护安全设计技术要求	中国国家标准化管理委员会

序号	文件名称	发布单位
13	煤矿安全生产在线监测联网备查系统通用技术要求和数据采集标准(试行)	国家安全生产监督管理总局
14	MT/T1131-2011矿用以太网	国家安全生产监督管理总局
15	MT/1115-2011多基站矿井移动通信系统通用技术条件	国家安全生产监督管理总局
16	煤矿感知数据接入规范(试行)	国家煤矿安全监察局
17	智能化煤矿(井工)分类、分级技术条件与评价	中国煤炭学会
18	全省煤矿智能化建设评定办法(试行)全省煤矿智能化建设基本要求和评分方法(试行)	山西省能源局
19	内蒙古自治区煤矿智能化建设验收办法(试行)内蒙古自治区煤矿智能化建设基本要求及评分方法(试行)	内蒙古自治区能源局
20	陕西省煤矿智能化建设指南(试行)	陕西省发展和改革委员会
21	山东省煤炭智能化验收办法(试行)	山东省能源局
22	贵州省煤矿智能化发展实施方案(2020-2025年)	贵州省能源局等八部门
23	云南省加快煤矿智能化实施意见	云南省能源局等八部门
24	DB14/T 2060-2020山西省 智能煤矿建设规范	山西省市场管理监督局
25	GB3836.1爆炸性气体环境用电气设备第1部分：通用要求	国家质量监督检验检疫总局
26	GB3836.2爆炸性气体环境用电气设备第1部分：隔爆型“d”	国家质量监督检验检疫总局
27	GB3836.4爆炸性气体环境用电气设备第4部分：本质安全型“i”	国家质量监督检验检疫总局
28	3GPPTS33.5015G系统安全架构和过程	3GPP
29	3GPPTS36.104接入设备技术规范	3GPP
30	3GPPTS36104接入设备一致性测试规范	3GPP
31	3GPPTS38.1415G基站技术规范	3GPP
32	3GPPTS38.1415G基站一致性测试规范	3GPP

表1 规范性引用文件列表



8.2. 术语、定义、缩略语

英文缩写	英文全称	中文释义
3GPP	The 3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
5G	5th Generation Cellular Telecommunication Technologies	第五代蜂窝通信技术
AI	Artificial Intelligence	人工智能
eMBB	Enhance Mobile BroadBand	增强移动宽带
mMTC	massive Machine-type Communication	海量机器通讯
uRLLC	Ultra-Reliable Low Latency Communications	超高可靠低时延通讯
5G RAN	5G Radio Access Network	5G 无线接入网络
5GC	5G Core	5G 核心网
UPF	User Plane Function	核心网用户面功能
MEC	Multi-Access Edge Computing or Mobile Edge Computing	多接入边缘计算
NR	New Radio	新空口
LTE	Long Term Evolution	长期演进
BBU	Baseband Unit	基带单元
RRU	Remote Radio Unit	远端射频单元
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
DL	Down Link	下行链路
UL	Up Link	上行链路
GPS	Global Position System	全球定位系统
FlexE	Flexible Ethernet	灵活以太
SDN	software-defined networking	软件定义网络
OIF	Optical Internetworking Forum	光互联网论坛
NMS	Network Management System	网络管理系统
NAT	Network Address Translation	网络地址转换
LAN	Local Area Network	本地接入网络

表2 缩略表

