



中国移动
China Mobile



CMDT



中移咨询

矿山行业数智化转型咨询服务白皮书

中国移动

中移数智科技有限公司（中移咨询）

2022年06月

洞察产业动态，解析前沿技术，引领行业发展，敏捷注智赋能数智化转型



目 录

CMDT  中移咨询

矿山行业数智化转型咨询服务白皮书



第一章：矿山行业发展洞察 -3-

矿山行业概念及内涵 - 3 -

智慧矿山概念及现状 -12-

第二章：数智化咨询助力矿山行业转型 -17-

中国移动数智化转型咨询 -17-

矿山作业全链路场景解构 -22-

智慧矿山顶层架构设计 -27-

第三章：中国移动数智化咨询服务体系 -37-

数智化转型咨询产品服务体系 -37-

智慧矿山转型咨询案例 -41-



矿山行业处于高速发展阶段，数智化转型需求迫切，智慧矿山领域前景广阔

01

矿山行业发展洞察

基本概念

矿山行业概念与发展分析

智慧矿山

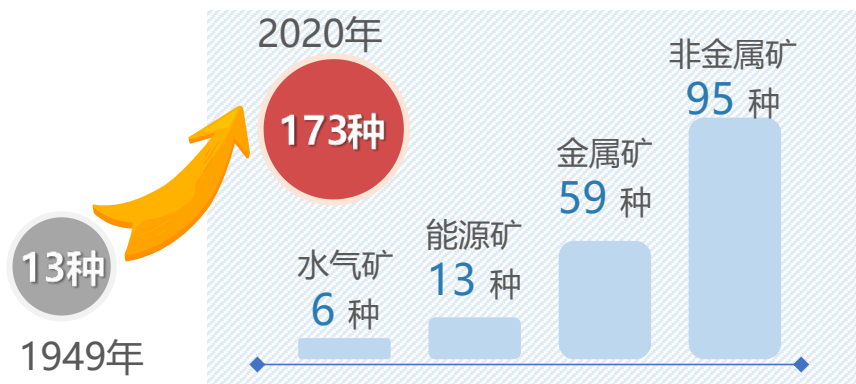
智慧矿山内涵再定义

中国矿产资源丰富，采矿业产值贡献大，“双循环”背景下重要性愈加凸显

我国矿产资源丰富，采矿历史悠久，目前已探明矿种达173种。矿产资源在推动我国现代化发展中贡献巨大，同时我国经济增长也反向促进了矿业发展。“十四五”期末，矿业产值占GDP比重超7%。受产能集约政策影响，产业结构持续优化，标准以下矿山有序关闭，矿山总量正以7.2% CAGR减少，大型矿山占比持续提升，集团性矿业企业保持快速发展态势。

我国境内矿产资源丰富，矿山建设结构优化

中国矿产储量世界**前三**，矿业年产值超过**全国GDP的7%**，占全球矿业总产值**17%**，**排名第一**



煤矿：煤矿是我国能源的压舱石，年经济产值超1.8万亿，煤矿4700余座，大型煤矿超1200座，大型煤矿产能占比80%

非煤：非煤矿山分布广泛，年经济产值约1万亿，矿山4万座，大型矿超1700座



矿业资源集团化发展 18家央企从事矿山开发



矿山指有一定开采境界的，采掘矿石的独立生产经营单位，主要聚焦采矿活动

本报告研究的“矿山行业”属于标准行业划分中的“采矿业”，根据《国民经济行业分类：采矿业（GB/T 4754—2017）》，采矿业指对固体（如煤和矿物）、液体（如原油）或气体（如天然气）等自然产生的矿物的采掘活动。本报告研究范畴特指矿山行业中进行陆地采掘固体矿石的相关活动，石油、天然气等液态、气态矿物开采及海洋开采不属于本文研究范围。

矿山行业分类体系



注：海洋开采方式，液体矿物及气体矿物开采较同级别开采存在较大差异性，因此不在本报告研究范围内

聚焦采矿业中游核心产业，覆盖矿山采掘加工等主要作业流程与监控、经营等辅助流程

从国家相关政策文件、指导指南以及矿山典型业务场景中不难看出，矿山生产的价值链条是以“矿石流”为核心，贯穿矿石资源的勘探规划、开采开发、资源利用等关键业务环节。上游是采矿支撑产业，中游是采矿主要产业，包括主生产作业与辅助作业，下游是矿石采加后的运销环节，本报告研究聚焦采矿业（中游）主要业务。

矿业支撑产业（上游）



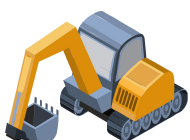
勘探



采矿设备制造



规划咨询



矿山建设

矿山上游业务主要包括地质勘探、矿山设备制造、矿山规划设计、矿山建设等环节，覆盖了矿山建设生产过程中所需要的全部物资条件

采矿业（中游）



地质建模



采矿作业



辅助加工



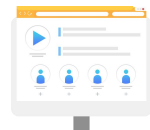
尾矿充填/排放



环境监测



安全管控



生产计划

矿山企业的主要业务聚焦在中游，由地质建模、工程施工、采矿作业、选矿加工、尾矿处理等关键环节和安全管控、环境监管、计划编排、质量控制、装备保障等主要支撑业务构成

矿业运销产业（下游）



矿物加工



矿物运输

矿山下游业务围绕开采加工后矿石资源的销售及运输等环节开展，下游相关方包括物流运输、钢铁厂等

矿山行业整体特征有别于其他工业，行业定位、生产条件、保障诉求等方面存在独特性

采矿行业整体特征具有一定独特性。首先，采矿业作为支撑我国国民经济增长的支柱型产业，国家占据绝对主导地位，政策保护与行业管制带来了较高行业壁垒，行业整体转型进程不快；其次，在绿色能源战略背景下，采矿业自身提质增效、加强安全保障能力与手段、提升高质量矿山建设水平、推进智能化建设诉求强烈。

1 采矿业仍是支撑国民经济增长的支柱型产业

煤炭资源在我国能源结构中处于绝对主要位置

黑色金属（铁、锰、铬），均为钢铁工业的主要原料（GAGR10%）

有色金属是支撑航空航天、汽车、电子制造等核心行业的基础材料

2 政策保护与管制性行业，行业壁垒较高

矿山行业政策管制性要求严格，规范性要求极高

行业准入门槛高，老牌传统玩家主导，新生力量进入难

传统工艺、流程、协议、系统复杂割裂，整合难度极大

3 生产运营提质增效是产业发展核心命脉

“双碳”引领的能源革命倒逼生产环节持续提质增效

淘汰落后产能为矿山数字化、智能化发展带来全新机遇

分散矿山逐渐集团化聚合，大型矿山比例逐渐提升

4 矿山安全保障是矿山运行第一准则

矿山行业危险系数高（炮掘、瓦斯等），事故概率较高

国家对安全生产有硬性要求，一旦出事故需要立即整改

国家相关部门安全检查条件严苛且频率极高，规范化程度逐渐提升

5 生产现场环境复杂，矿山建设难度较大

自然矿山生产环境存在极高不确定性，标准化能力难以复制

采矿设备和人员经常随采矿进程和加工对象转移，协同性要求较高

矿体赋存条件和形状复杂，品位分布不均，且开采过程中变数明显

6 产矿工作环境差，人工效率不高且人工成本攀升

采矿业人工事故率远高于其他工业，且危险系数随矿体掘进增加

生产环境较差，高压、高温、高湿度、低氧、粉尘等现象常态化

采矿业各类工种普遍存在工资高、效率低、招工难等问题

“十四五”期间，我国将智慧矿山规划建设作为重要工作任务

今年来国家及地方层面出台多项政策及指导意见推进矿山行业转型升级，在《“十四五”规划纲要》等重要文件中明确指出，重点推进智慧矿山建设，提出智能化生产、绿色生产、安全生产等相关目标，同时颁布多类配套措施，利用行政、经济、法律等手段支持矿山行业数字化转型。

智能化建设

目标要求

2020.3

《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》

2035年各类煤矿基本实现智能化，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系

2022.4

《“十四五”能源领域科技创新规划》

开展能源领域数字化、智能化共性关键技术研究，推动煤炭等行业与数字化、智能化技术深度融合，引领能源产业转型升级

2021.3

《“十四五”规划纲要》

提高矿产资源开发保护水平，发展绿色矿业，建设绿色矿山

2022.4

《“十四五”国家安全生产规划》

工矿商贸就业人员十万人生产安全事故死亡率下降20%、煤矿百万吨死亡率下降10%

实现举措

2021.6

《煤矿智能化建设指南》

要求智能化煤矿将人工智能、工业互联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发技术进行深入融合，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

2020.4

《有色金属行业智能矿山建设指南（试行）》

实现生产、设备、能源、物流等资源要素的数字化汇聚、网络化共享和平台化协同，打造具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应的有色金属智能矿山

2022.5

人民银行增加1000亿元支持煤炭清洁高效利用专项再贷款额度

该额度支持领域包括现代化煤矿建设、绿色高效技术应用、智能化矿山建设、煤矿安全改造等

2022.4

《关于进一步强化安全生产责任落实 坚决防范遏制矿山重特大事故的若干措施》

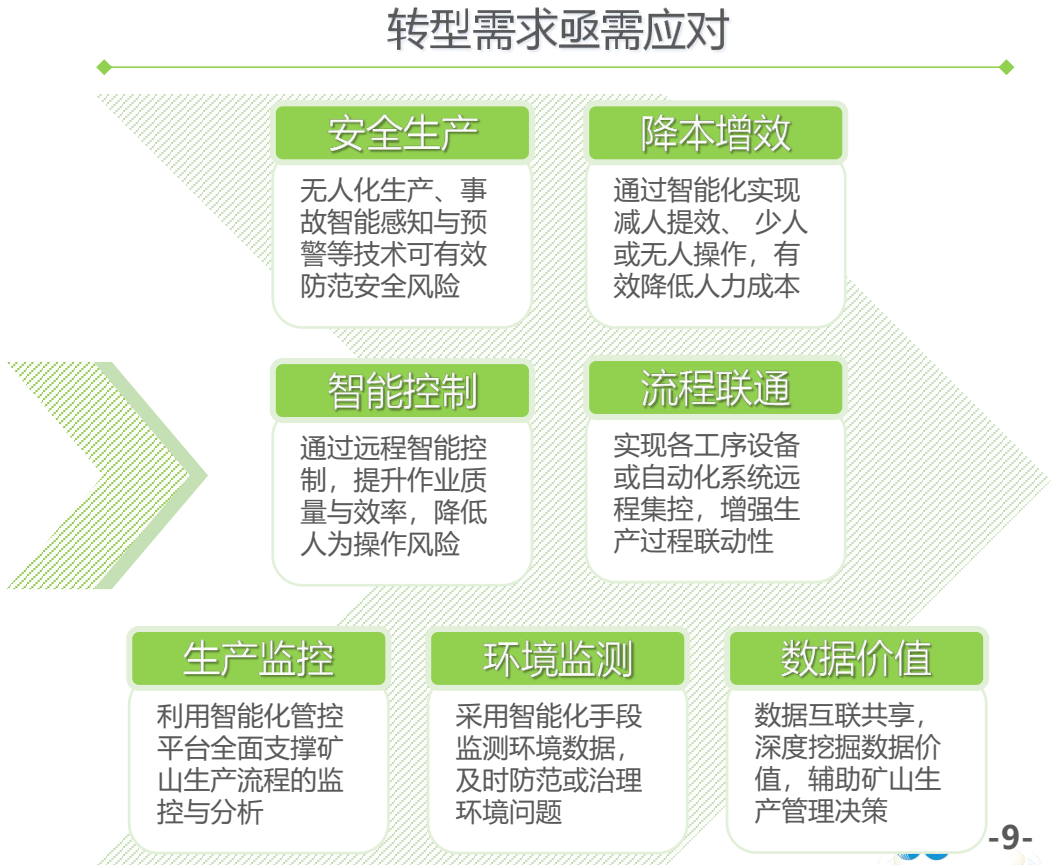
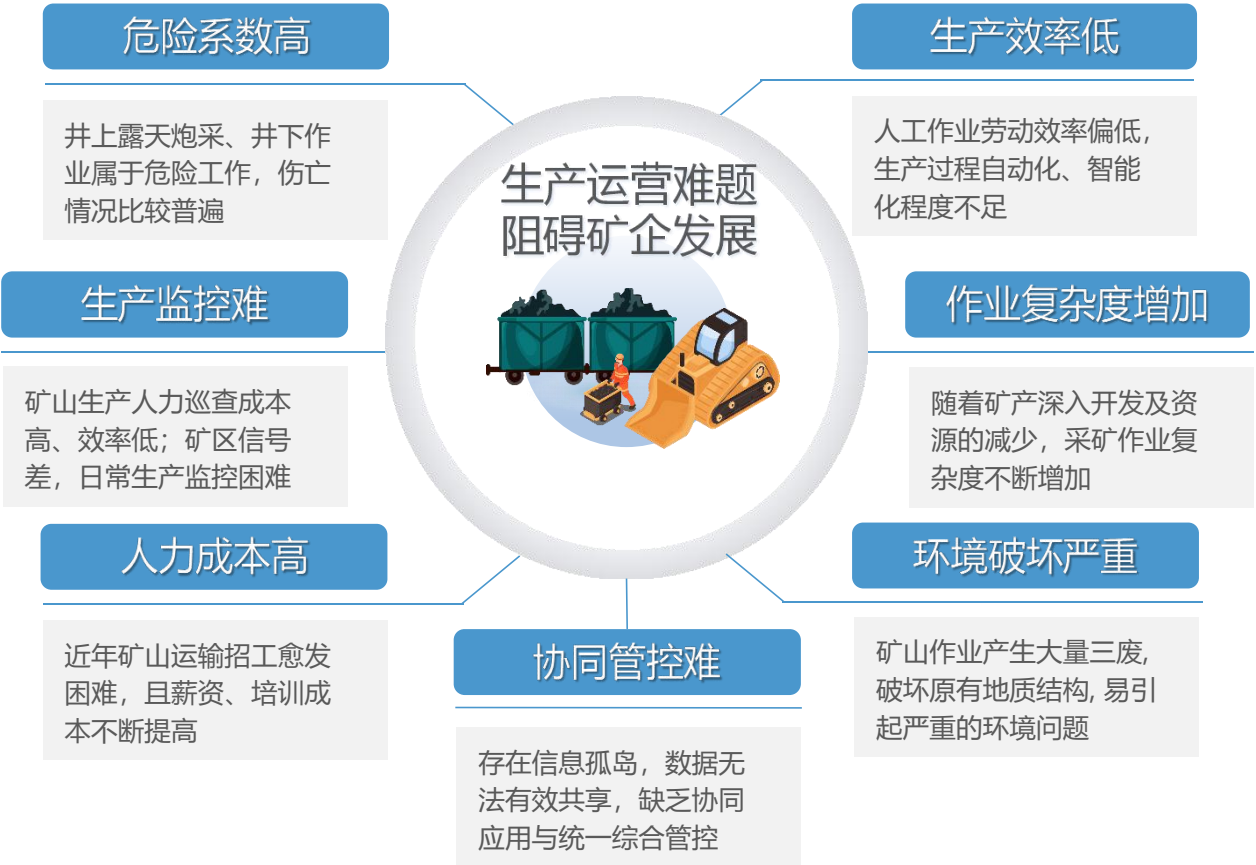
要督促矿山企业提高安全监控、人员位置监测、通信与图像监视等系统的智能化、网络化、集成化、精准化水平；形成全国矿山安全风险监测“一张网”

绿色矿山

安全生产

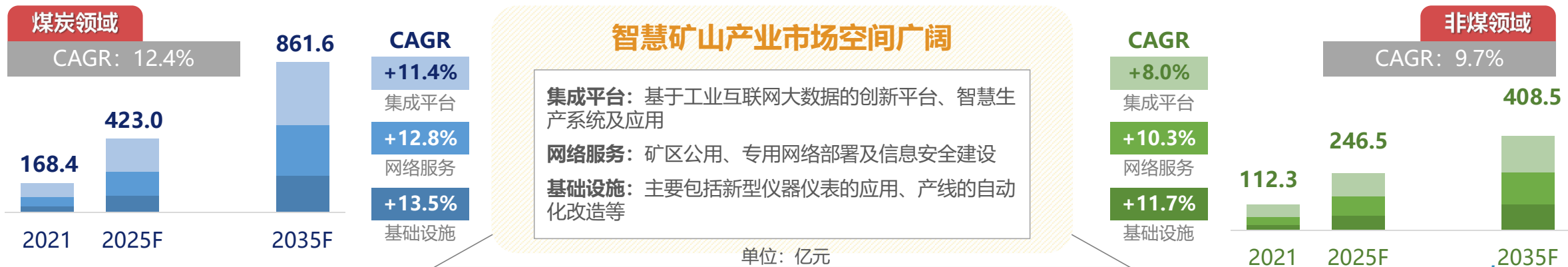
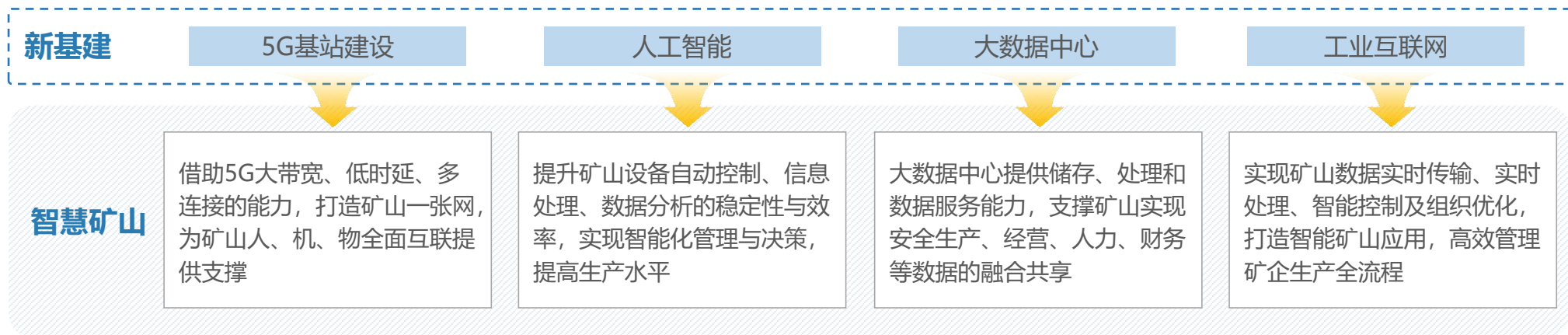
智慧矿山成为矿企实现安全、绿色、智慧、无人化生产的最优路径

由于矿山生产条件、生产流程的特殊性，矿山行业一直以来存在着安全事故频发、人力成本高昂、生产效率低下、生产监控困难等问题，并随着行业发展愈发突出，成为阻碍矿企实现快速、可持续发展的绊脚石。矿山智能化发展可助力矿企有效应对发展难题，是实现安全、绿色、智慧、无人化生产的最优路径。



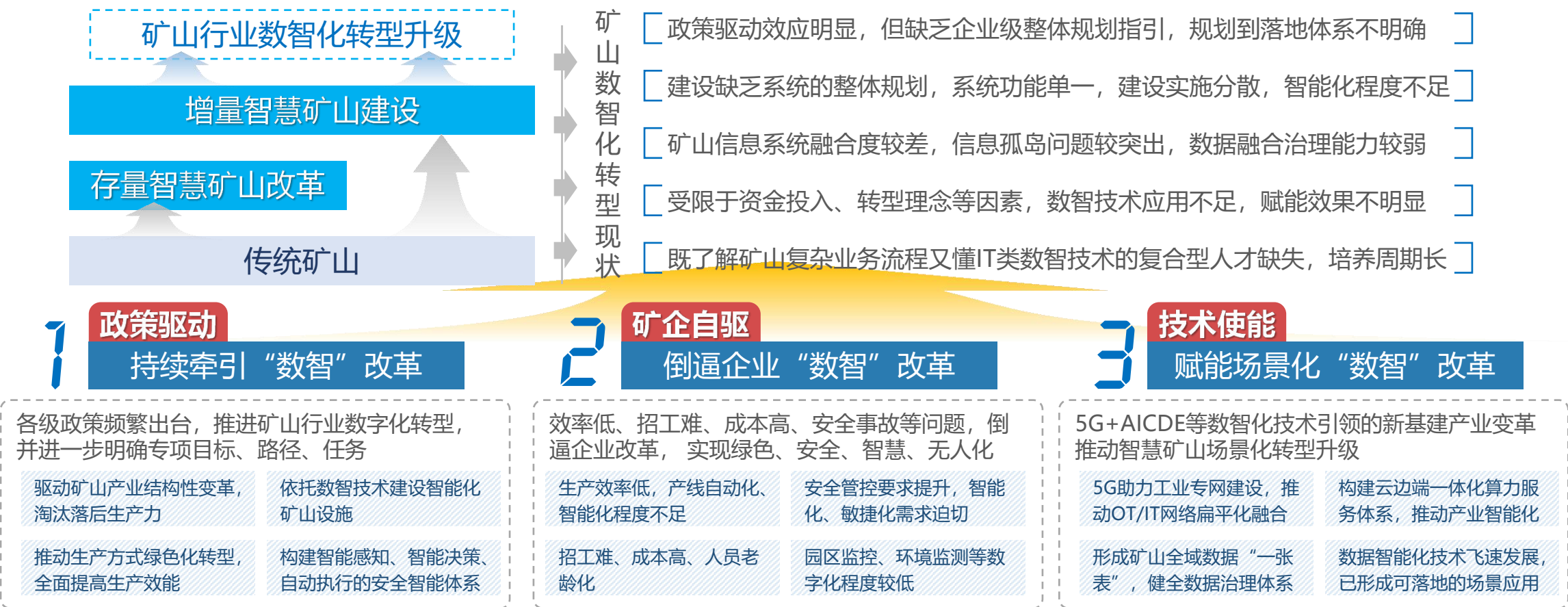
新基建加速建设为智慧矿山高速发展提供基础支撑

2020年以来，我国加快新型基础设施建设进度，各地政府纷纷出台了新基建建设规划，重点部署工业互联网、大数据中心、5G网络和人工智能等领域，也为矿山行业智能化建设提供了夯实的基础，智慧矿山产业将迎来广阔发展空间。



政策、需求、技术三大要素推动矿山数智化转型，但目前仍面临诸多挑战

近年来，政府、企业、社会高度关注矿山行业生产，促使矿山数智化转型成为行业重点方向，标志着智慧矿山正成为领军企业竞争的新赛道、战略布局的新方向、垂直行业竞争的新焦点。但是从各企业转型实践来看，转型过程仍然面临着规划方法体系不明确、信息孤岛普遍存在、数据融通不畅、技术赋能效果不明显、复合人才缺失等诸多挑战。



注：AICDE即AI、IoT、Cloud、Data、Edge



矿山行业依然处于高速发展阶段，数智化转型需求迫切，智慧矿山领域前景广阔

01

矿山行业发展洞察

基本概念

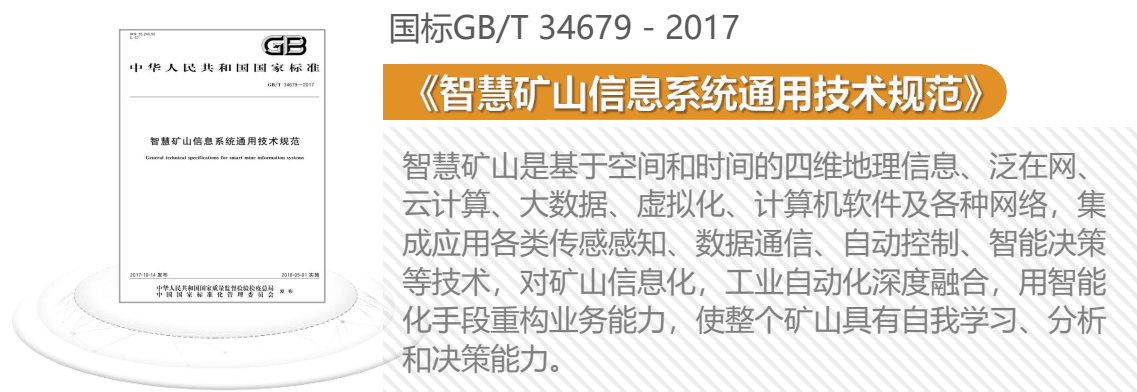
矿山行业概念与发展分析

智慧矿山

智慧矿山内涵再定义

智慧矿山概念体系逐渐清晰，以智能化驱动全局作业流程改造，赋能数智化转型加速

随着相关国标普及，智慧矿山的概念体系已逐渐明确。智慧矿山的内涵是将5G等新型数智化技术与现代矿山开发技术融合，实现采矿行业复杂业务场景的运行效率提升、安全保障强化、智能手段丰富等，其本质是矿山企业的数智化转型。智慧矿山的实现方式是在全局智能化驱动下构建感知、传输、控制、监测、协同、管理多维一体的智能体系。



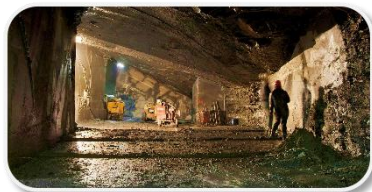
本报告对智慧矿山的定义

智慧矿山是将5G+AICDE等数智化技术与现代矿山开发技术融合，形成涵盖矿山感知、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、生产管理等全过程智能化运行。其本质是 **矿山企业的数智化转型**，根本目的是打造本质安全、绿色、高效的智慧矿山。



矿山数智化历程始于20世纪90年代，历经30年发展，正向着智能化方向演进

20世纪90年代采矿业乘着改革开放的东风，矿山大量机械化设备升级彻底摆脱了传统人采骡拉的传统时代，开启数智化历程，至今采矿业共经历了机械化、自动化、数字化三个发展阶段，正在向智能飞速演进，每一个发展阶段都是在集成上阶段成果与经验基础上更新迭代，目前在5G+AICDE等新型数智技术加持下，智慧矿山成为发展趋势。



20世纪90年代



21世纪初



2010-2020年



2020-

机械电子化阶段

采掘、运输、提升、以及生产辅助等方面采用的机械设备进行电子化、信息化改造（单机系统），部分实现了可编程控制、远程集控运行、报警与闭锁。

机械自动化时代

构建ERP、MES等生产平台，通过WIFI、2G等组建工业环网，对“人、机、环、管”各生产作业环节的数据进行采集、实时传输、规范化集成和分析应用。

数字化时代

云计算、大数据、BIM等技术得到应用，矿山企业构建统一的集成管控平台，实现系统数字化改革，对“人、机、料、法、环、测”等全要素进行统一精细化管理。

智能化时代

充分运用5G+AICDE等新一代信息技术，重视AI技术的应用，开发智能化场景，构建智慧矿山体系，实现生产作业全流程的“少人化、无人化”。

智慧矿山融合数智技术先进优势与经验，在推动行业发展方面具有重要意义

智慧矿山依托数智化技术优势，展现出信息精准适时采集、网络化传输、规范化集成、可视化展现、自动化运行和智能化服务六方面特征。在推动行业发展方面，精准匹配了现阶段行业发展需求，具有赋能绿色矿山发展、提升安全能力、助力降本增效、挖掘数据价值、引领科技创新等多方面意义。

智慧矿山6大典型特征

① 精准适时采集

能够准确采集到任何时间、地点所需要的安全、生产和管理信息，保证信息的有效及时性

② 智能化服务

为全业务流程提供智能化工具和综合决策支持，最大限度地降低劳动强度，避免人为决策失误

③ 自动化运行

对于主要生产执行环节、监测环节、准确度高环节以及环境恶劣、易疲劳环节实现自动化或无人化

④ 高可靠网络化传输

实时数据、多媒体数据和管理数据，通过精准网络进行准时、安全、可靠的传输

⑤ 规范化信息集成

通过标准的数据格式、开放协议和统一管理规范所定义的数据仓库实现各应用中信息的互联互通

⑥ 实时可视化展现

对于数据仓库中的所有信息和模型均可用四维地理信息系统技术、虚拟现实技术等进行表达和展现

1 拥抱矿山行业“双碳目标”，赋能矿山绿色发展

实现开采方式科学化、资源利用高效化、矿山环境生态化，达到资源开发的经济效益、生态效益和社会效益协调统一

2 提升矿山安全能力，为矿山安全保驾护航

搭建安全监控平台，实现高效、稳定、快捷的实时监测，并规模应用智能化设备，打造绿色、安全、少人/无人、透明的安全矿山

3 助力矿山降本增效，实现企业精细化管理

依托生产、经营、管理为一体的综合智能管控平台，提供远程作业，生产监控，以及复杂生产系统优化，提高生产效率，降低生产成本

4 挖掘矿山数据潜力，优化数据价值体系

依托数据融合创新，建立基于机理模型、经验模型和仿真模型的先进工业控制系统，充分发挥矿山各环节的数据价值

5 推动矿山科技创新，引领矿山行业新发展

先进的数字技术融合典型矿山业务场景，让矿业在科技创新方面开启了全方位的创新探索之路

传统机械设备厂商、ICT硬件服务商、运营商、云服务商等纷纷布局智慧矿山服务产业

智慧矿山产业服务体系逐渐成熟，传统机械设备厂商、ICT硬件服务商、运营商、云服务商、垂直行业软件开发商等玩家纷纷展开布局，从产品层次来看硬件层、应用层供应商技术壁垒较高，呈联合垄断态势，信息服务商则通过立足平台层与网络层，向上下游拓展。





中国移动铸造AaaS能力即服务体系，依托转型咨询，助力矿山行业数智化转型

02

中国移动数智化咨询助力矿山行业转型

转型咨询赋能

中国移动数智化转型咨询赋能体系

全链路场景解构

数智化视角下全链路能力体系

顶层架构体系

智慧矿山总体发展架构

中国移动打造“连接+算力+能力”数智生产力，夯实经济社会转型基石

中国移动创世界一流“力量大厦”发展战略中，提出了“推进数智化转型、实现高质量发展”主线。通过融合数智生产资料，打造了以 5G、算力网络、智慧中台建设为重点的“连接+算力+能力”数智生产力。以“能力即服务”构筑全产业数智化转型基石，助力经济社会数智化转型。

中国移动构筑数智生产力赋能基石



能力
智能无所不及

基础通信、大数据、
人工智能、区块链、
安全认证、精准定位
.....

- **云上移动**-移动云
- **九天揽月**-人工智能
- **梧桐引凤**-大数据

算力
算力无所不在

数据中心
中心云、边缘云、云终端
X86、ARM; GPU、ASIC
.....

- **N+31+X**总布局
- 新投资超**1000亿**
- 新建**50万**云化服务器

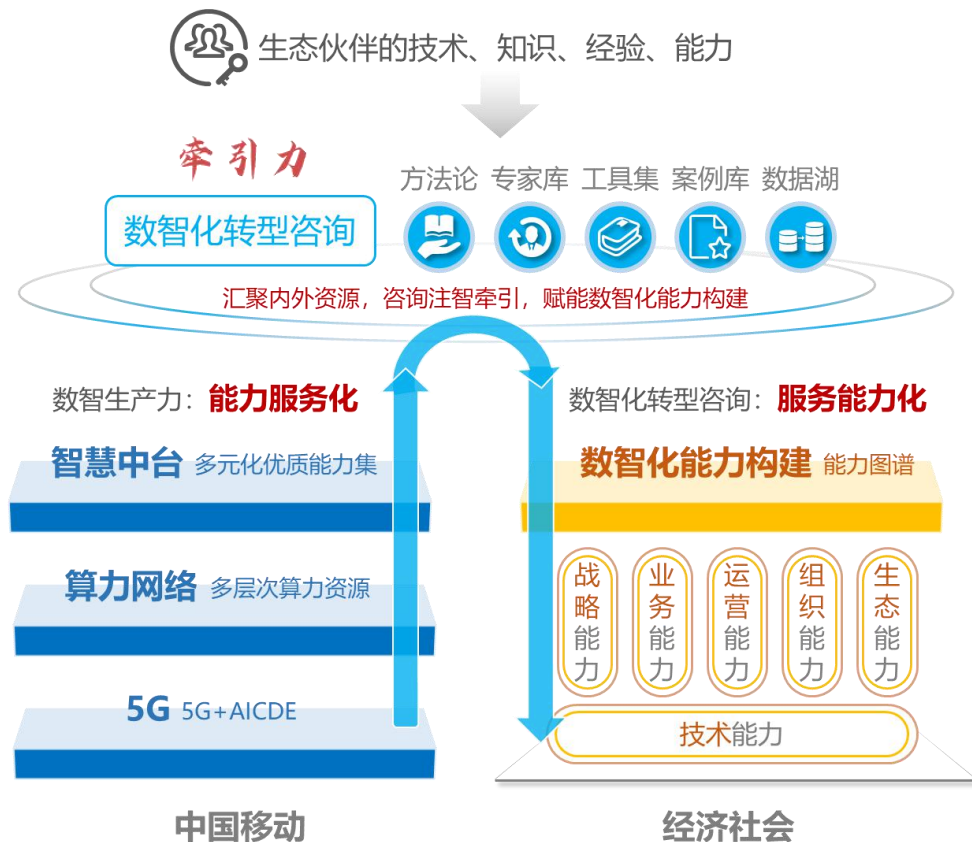
连接
网络无所不达

5G
千兆光纤网络
NB-IoT等物联网
.....

- 全球**最大**网络运营商
- 基站数量超**500万+**
- 自建光缆超**2100万皮长公里**

产业转型需要咨询牵引，中国移动“能力即服务”体系充分释放新基建红利

数智化转型咨询是驱动行业转型的牵引力，其本质是一整套数智化转型的理念、方案与能力，助力组织构造可以执行的数智化能力图谱与实施路径，实现从“能力服务化”到“服务能力化”的无缝衔接，最终助力组织构建数智化能力体系，驱动转型发展。



中国移动数智生产力
构筑转型基石

“能力服务化”是数智生产力供给方赋能全产业转型的必要条件与启动过程



数智化转型咨询
助力转型能力建设

“服务能力化”是需求方依托数智生产力构建数智化能力体系，完成转型发展的实现过程

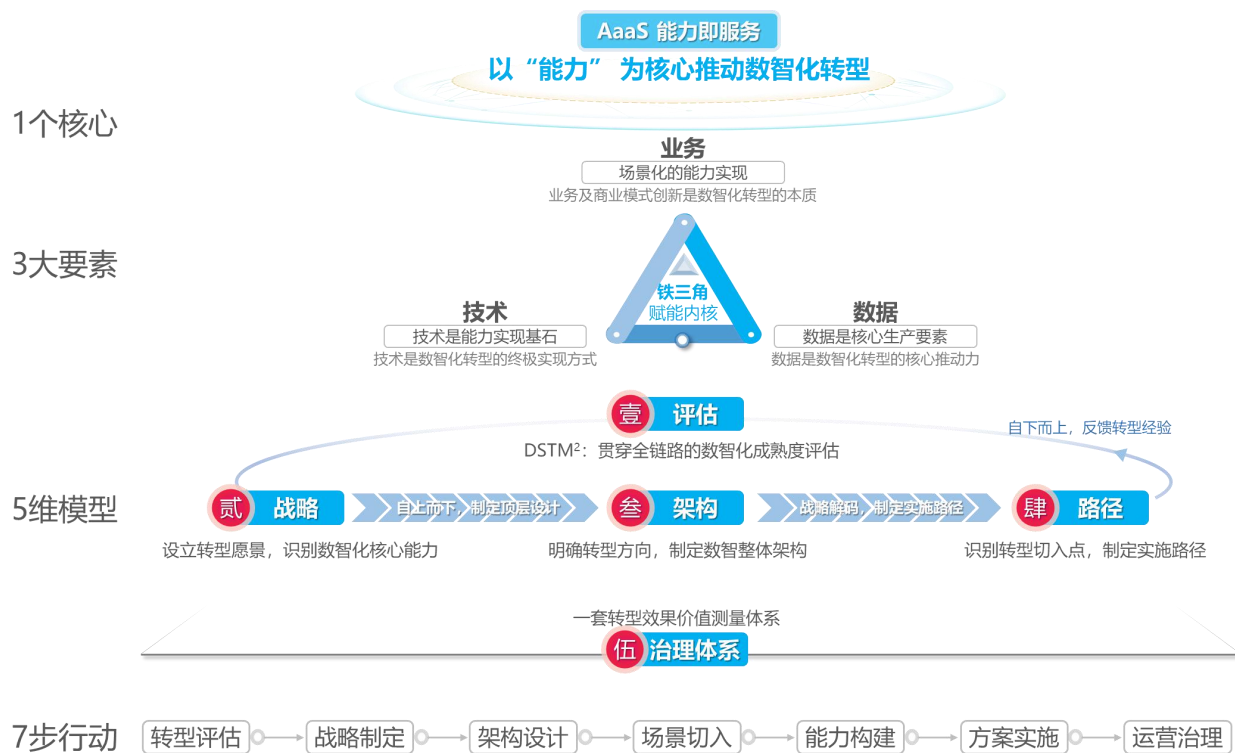
咨询服务

数智化转型咨询实现服务到能力的转化

数智化转型咨询以数智生产力为基石，在转型方案层面助力组织构造可以执行的数智化能力图谱与实施路径，实现从“能力服务化”到“服务能力化”的无缝衔接。

中国移动打造“1357数智化转型咨询赋能方法论”，为行业转型筑牢理论基础

中国移动凝聚全集团数智化转型相关能力，发挥公司技术、生态、经验势能优势，围绕“能力即服务”价值实现体系，系统性打造中国移动特色的“1357 数智化转型赋能方法论”，即 1 个核心，3 大要素，5 维模型，7 步行动。为千行百业数智化转型筑牢理论基础，输出方法体系，搭建转型路径。



中国移动特色的“1357数智化转型咨询赋能方法论”

1个核心：以能力为核心推动数智化转型

- 数智化组织通过构建数智化核心能力，重构能力图谱，并以最高效的方式运用这些能力推动数字生产关系及生产力变革。

3大要素：“数据、技术、业务”赋能数智化能力构建

- “数据、业务、技术”三大赋能要素是构建组织数智化能力的关键。从能力建设视角实现三大要素协调统一与功能化拉通。

5维模型：“战略、评估、架构、路径、治理”搭建方法模型

- 数智化转型赋能方法模型由战略愿景、成熟度评估、顶层架构、路径、治理体系五部分组成。

7步行动：推进转型的具体实施过程

- 7步行动是组织开展转型工作的具体实施过程，也是一个转型工程的推进周期。具体包含“战略统筹、系统推进、优化迭代”的三个环节。

中国移动集全集团优质资源深耕“5G智慧矿山联盟”，数智化转型咨询先行

2020年6月，中国移动联合清华大学、中国矿业大学（北京）、阳煤集团、中煤科工、华为公司等70多家单位成立5G智慧矿山联盟，集全集团优质资源并联合各方力量构建智慧矿山核心能力，依托“1357数智化转型咨询赋能方法论”中的5维模型，系统性规划设计矿山数智转型愿景、架构、路径，为核心能力体系构建谱绘蓝图。



注：本白皮书主要聚焦智慧矿山愿景开发与整体框架设计，其他方法要素详见中国移动智慧矿山转型咨询产品



中国移动铸造AaaS能力即服务体系，依托转型咨询，助力矿山行业数智化转型

02

中国移动数智化咨询助力矿山行业转型

转型咨询赋能

中国移动数智化转型咨询赋能体系

全链路场景解构

数智化视角下全链路能力体系

顶层架构体系

智慧矿山总体发展架构

矿山作业遵循“模、钻、准、落、采、运、选、填”的基本生产作业流程

参照白皮书首章的矿山资源分类及本文重点聚焦，通过解构“非煤矿山（金属矿/非金属矿）为主的露天矿”及“煤炭矿山为主的井下矿”两类矿山基本（主）作业流程，归纳出具有通用性的“建模→钻挖→采切→剥离→回采→铲运→加工→收尾”8项作业流程，作为智慧矿山全链路场景推进数智化转型。



露天矿与井下矿运行（辅助）作业流程高度相似，整体可划分为7大类活动

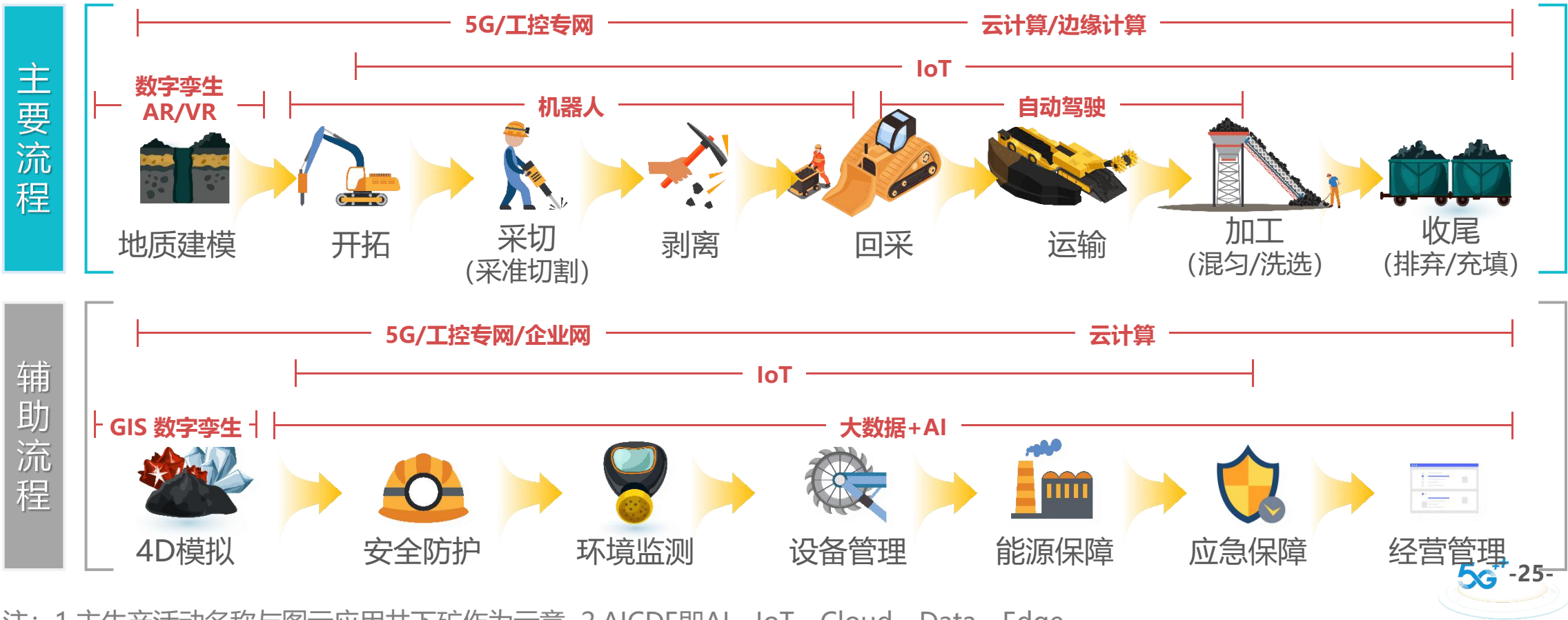
矿山辅助运行作业流程指起到保障主生产作业流程的关键业务活动，是矿山作业环境必不可少的保障性工作。从辅助业务活动实际出发可以归为4D模拟、安全防护、环境监测、设备管理、能源保障、应急保障、经营管理7大类，露天矿与井下矿辅助作业流程相似度较高，整体能力建设可以相互参考。

矿山辅助运行作业的7大类业务活动

 4D模拟	 安全防护	 环境监测	 设备管理	 能源保障	 应急保障	 经营管理
地理信息、多维 实体信息、专业 工程信息4D维度 建模孪生系统	对危险源（如瓦 斯、水文、火灾、 矿压等）动态分 析和预测	对生产涉及的自 然环境与污染物 实现动态监测与 综合处理	对各类生产用机 械设备进行状态 监测与故障诊断、 维护	矿区电力能源、 热力能源、水力 能力的供给与运 行监测	采矿作业过程应 急保障相应能力， 处置能力及救援 能力	矿山企业经营管 理相关工作（经 营、运销、客户、 人力、组织等）
四维地理信息 BIM 数字孪生 虚拟现实	安全监控 (人员/温度/压力/气 体/粉尘/湿度/火情等) 危害防治 (排水、通风、防火等)	环境监测 (气象、沉降、污 水、排气、噪声、污 染物等) 环境治理	设备资产运营 设备故障诊断 设备故障维护	电力供应 热力供应 水力供应	应急通信 应急指挥调度 应急救援	综合决策 供应链 运输销售 生产计划 客户关系

矿山行业全链路价值链业务解构与分层级数智化技术应用赋能

中国移动依托5G+AICDE等新型数智化技术发展与创新融合赋能矿山行业转型，通过推动技术和产业变革朝着智能化方向加速演进，加速数字经济与矿产经济深度融合（数字矿山、工业互联网、共享平台、大数据中心等途径），实现数字经济与矿山全场景有机融合，进一步催生新场景、新模式、新业态。



注：1.主生产活动名称与图示应用井下矿作为示意 2.AICDE即AI、IoT、Cloud、Data、Edge

数智技术与矿山生产场景完美结合，催生智慧矿山丰富的应用体系

数智化技术赋能矿山一线生产运营场景是智慧矿山建设的关键，5G、云计算、大数据、自动驾驶、虚拟现实、AI、数字孪生等技术与工业智能化控制、空间地质建模、智能感知、无人矿卡、远程诊断等场景深度融合，构成了智慧矿山应用体系，也是数智化转型价值释放的直接载体。





中国移动铸造AaaS能力即服务体系，依托转型咨询，助力矿山行业数智化转型

02

中国移动数智化咨询助力矿山行业转型

转型咨询赋能

中国移动数智化转型咨询赋能体系

全链路场景解构

数智化视角下全链路能力体系

顶层架构体系

智慧矿山总体发展架构

以1357方法论为指引，结合智慧矿山全链路流程结构，开发智慧矿山顶层架构

数智化愿景是智慧矿山建设的关键环节，智慧矿山顶层设计架构体系是由愿景架构、逻辑架构、实现架构、演进架构四部分组成的架构体系。愿景架构是矿山全链路作业流程融合新型数智技术形成的愿景目标；逻辑架构是智慧矿山整体功能结构；实现架构是多位置部署结构；演进架构是对智慧矿山发展的路径设计。智慧矿山架构系统是后续架构设计的主要输入与指引。



以数智孪生矿山为目标，打造“运行引擎+操作系统”，谱绘智慧矿山发展愿景

数智孪生的无人化矿山是矿山行业发展追求的高阶目标，在数智生产力加持下，数智孪生矿山呈现为层次化解耦的愿景架构，自下而上由感知交互设备层、数智技术赋能层、分布式算力层、一体化数据资源层、智能运行引擎层、操作系统层及前端应用层组成，其中运行引擎与智慧矿山OS是核心，数智孪生矿山具备“数字、高效、智能、可靠”四大特征。

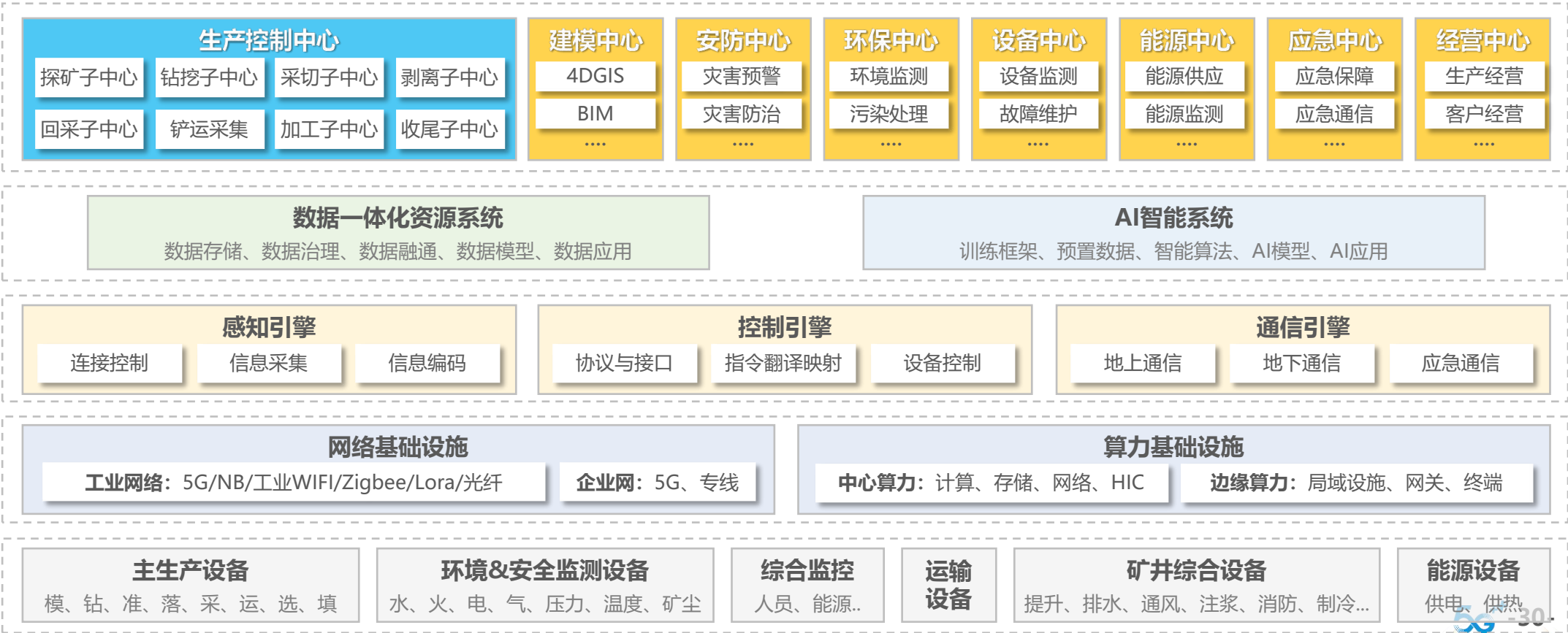


数智孪生矿山典型特征

数字	数字孪生	数据融通	可视模型	敏态成长
高效	实时感知	泛在互联	精准连接	协同互促
智能	智能驱动	智慧决策	自动控制	巡检自愈
可靠	安全可靠	应急保障	绿色环保	低碳节能

全面应用数智化技术，打造纵向“云-网-边-端”一体化、横向敏捷解耦的逻辑架构

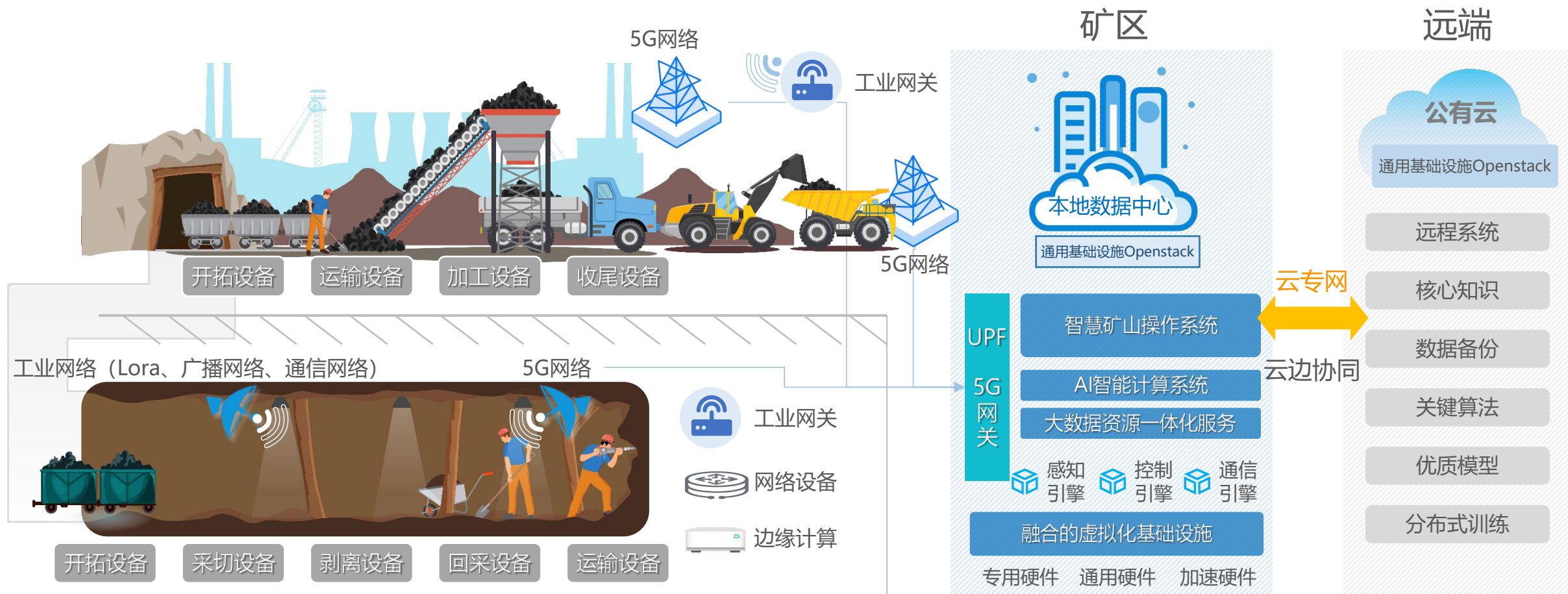
清晰的逻辑架构是实现智慧矿山发展愿景的关键环节，架构设计上纵向构建“云-网-边-端”一体化智慧矿山系统，横向按照分层解耦、敏捷赋能实现清晰交互，从设备层、基础设施层、数智技术层、引擎层、数智中枢层、矿山操作系统层、应用层出发建立智慧矿山能力规划，实现矿山人、机、物、环等全生产要素的智能互联与智慧运营。



注：由于本白皮书侧重核心能力建设，因此逻辑架构未展示系统门户层与应用层，也隐去了数智化技术层（原置于基础设施层之上）

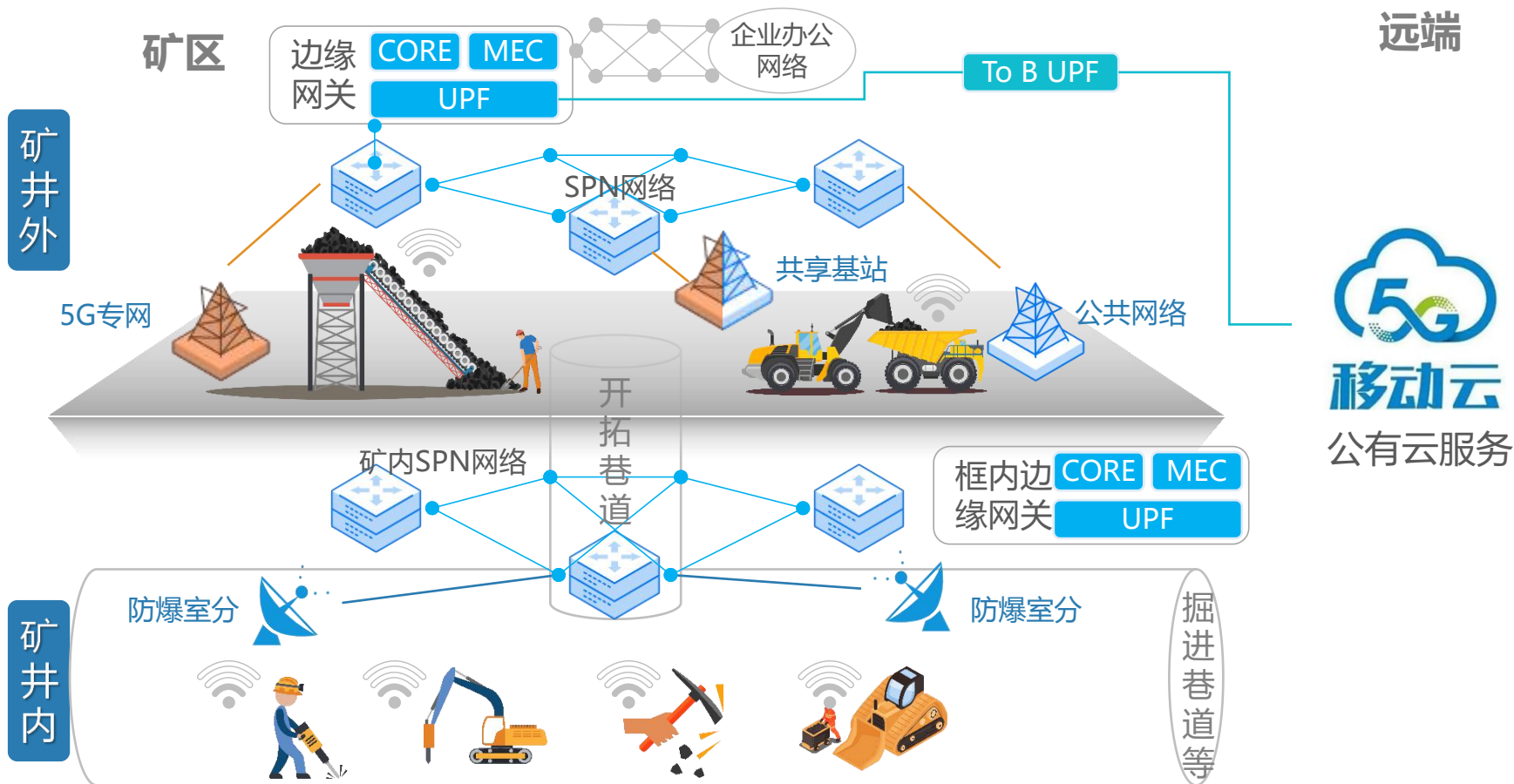
智慧矿山实现架构按照矿区业务需求，遵循分布式原则协同部署

智慧矿山实现架构部署区域可以划分为矿区（包含矿内区与矿外区）与矿区外远端数据中心，其中矿内区按需部署网络设备、网管设备级边缘计算，矿外区主要部署网络设备及本地数据中心系统，与远端数据中心实现云边协同。



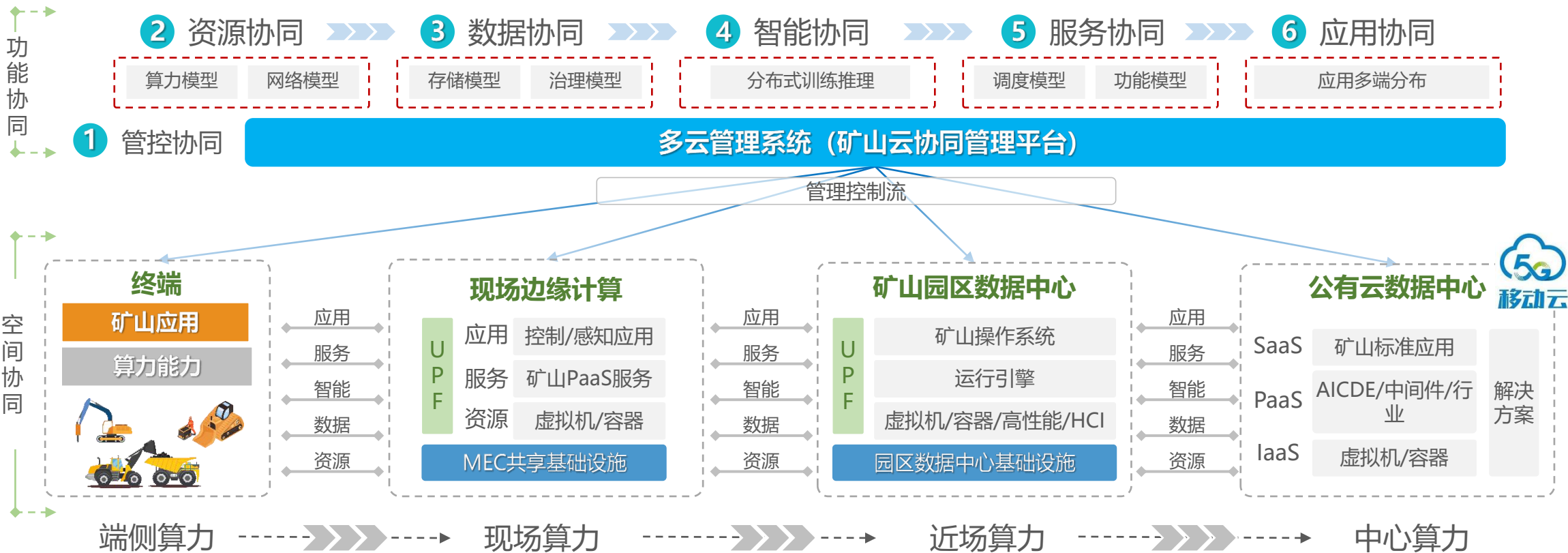
5G赋能智慧矿山高品质分布式精准网建设，实现多层融合组网

中国移动通过高中低频协同组网，打造全球领先的井工矿多区域多场景的5G专网。利用700M实现矿井外广域覆盖，2.6G实现容量覆盖，矿井内采用2.6G或4.9G实现容量层覆盖。基于优享、专享、尊享三种网络服务，差异化提供具备高速连接、边缘智能、本地自治、本地分流、云边互联等能力的分布式精准网络。



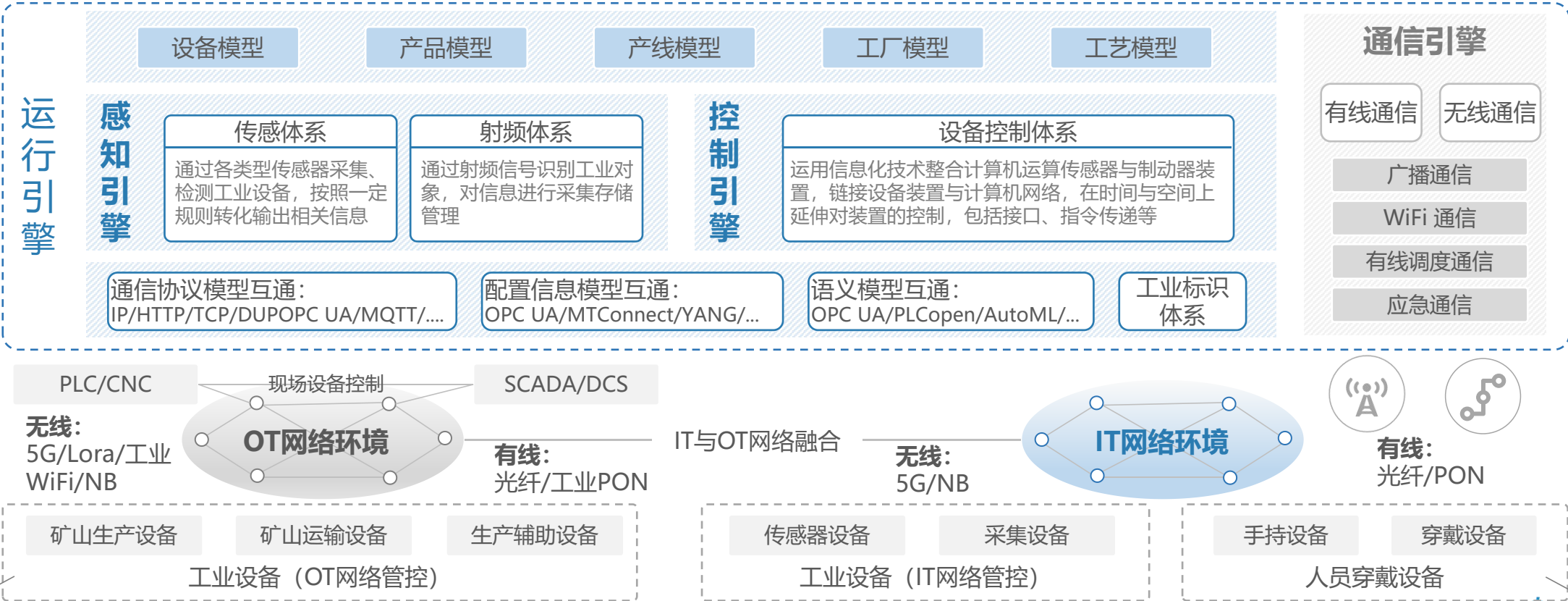
分布式算力统筹部署，依托多云管理系统实现算力间6大协同

通过统一规划、资源整合、云网融合等方式，统筹智慧矿山算力能力架构，依托统一云底座，构建具备智能一体管控能力的泛在算力网络，按需设计采矿终端算力、现场算力、园区算力、中心算力四级空间协同，同时构建6大功能协同打造阶梯式算力网络，承载多元化的边缘服务与智能随选的网络服务，形成全局覆盖、特征鲜明的矿山分布式云服务。



深耕感知、控制、通信三大运营引擎，升级操作系统与设备间衔接中枢

推动三大运行引擎建设，依托5G推动现有工业控制网络五层架构向OT与IT融合三层扁平化架构演进，逐步打通各层次网关协议，实现网络联接与控制逻辑之间的解耦，结合传感器、通信网络、大数据、云计算等技术手段，在各层次之间交互传递信息，赋能智慧矿山发展，优化采矿生产管理，提高生产效率，实现智能化生产。



注：有线调度通信与广播通信均为强制装备

打造分布式协同智慧矿山操作系统，构建数智矿山运行智能体

智慧矿山操作系统依托运行引擎与数据智能中枢构建，运行中枢是操作系统指令的执行单元，数据智能中枢是操作运营的必要保障支持，同时矿山操作系统采用分布式协同设计，依托智慧矿山精准云与精准网，矿区数据中心执行操作系统核心指令（例如AI模型的迭代训练），而边缘侧则完成操作系统简单指令运行（例如AI模型推理）。

智慧矿山操作系统实现架构



“总体规划、分步实施、融合发展，并行推进”，循序渐进推进矿山数智化转型进程

智慧矿山演进规划需根据实际情况，按照在产矿山与新建矿山划分，参照“总体规划、分步实施、融合发展，并行推进”的原则循序渐进推进矿山数智化转型进程。整体来看，云、网、物联网等数智基础设施先行，随后重点实现智能控制能力建设，最终全面实现运行引擎、数据智能中枢与云网操作系统的协同运行，向无人运行的数智孪生矿山持续演进。

在产矿山

需结合自身数字化现状、矿山开采年限等因素，在充分利用原有系统的基础上，制定符合在产矿山特点的整体数字化规划，考虑矿山实际需求紧迫程度、基础条件和资金承受能力等因素制定实施方案，分步开展推进工作

基础设施先行 → 生产管理系统升级 → 数据治理体系搭建 → 工业互联网平台体系建设

新建矿山

依据新建矿山特点和配套条件，参照智慧矿山框架编制可研报告、初步设计编制总体规划，结合先进工艺、先进装备、先进信息技术等因素，制定高标准、高起点、高水平的实施方案，并统筹工程建设

基础设施先行 → 智能控制采集系统建设 → 数据智能体系建设 → 云网操作系统建设 → 智能化应用持续沉淀

起步期

面向**智能感知**的智慧矿山建设

矿山基础运营数据化，聚焦基础设施建设

工业专网及企业管理网络基础能力建设

分布式算力基础设施与资源管理系统规划建设

物联网运营管理系统的规划建设

ERP等经营管理系统（经营中心）的规划建设

发展期

面向**智能控制**的智慧矿山建设

主作业流程与辅助作业流程系统化自动控制

智能化设备与管控系统升级改造

运行引擎与数据智能中枢规划试点

实现管理应用系统与资源系统的对接

智慧矿山多层次系统体系搭建与协同运营能力构建

成熟期

面向**无人化运行**的数智孪生矿山建设

全面智能化实现，聚焦无人矿山体系建设

智慧矿山操作系统正式上线，并实现系统间连接

数据与智能化能力实现全局赋能

矿山生产运营与风险防控等核心环节全面智能化

全部设备、人员实现智能化连接管控，打造无人矿山



中国移动数智化转型咨询产品与智慧矿山建设需求全面对接

03

中国移动数智化咨询服务体系

服务体系

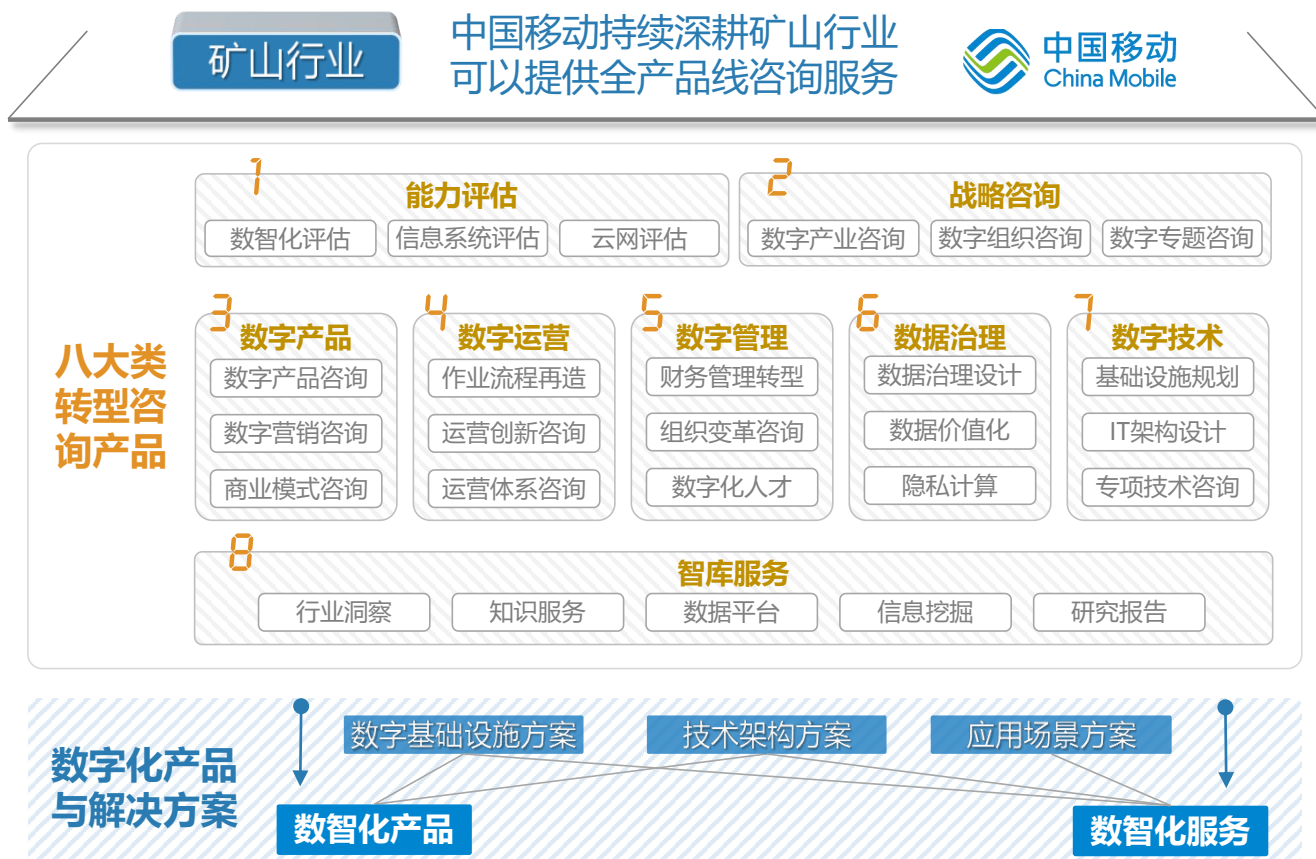
数智化转型咨询产品服务体系

场景化案例

转型咨询赋能矿山建设案例

基于“1357数智化转型方法论”，中国移动转型咨询产品体系全面对接矿山行业

中国移动以“1357数智化转型方法论”为核心，持续深耕矿山行业数智化转型，结合“评估、战略、市场、运营、技术、数据、管理、洞察”八大类咨询产品，依托敏捷的咨询服务模式，全面赋能智慧矿山全链路数智化能力建设。



敏捷咨询服务模式

轻咨询 高级场景化咨询

快速孵化轻量级商业模式、解决方案的咨询服务

系统性咨询 定制化咨询方案

基于用户需求，输出系统的定制化咨询方案

培训服务 按需设计培训

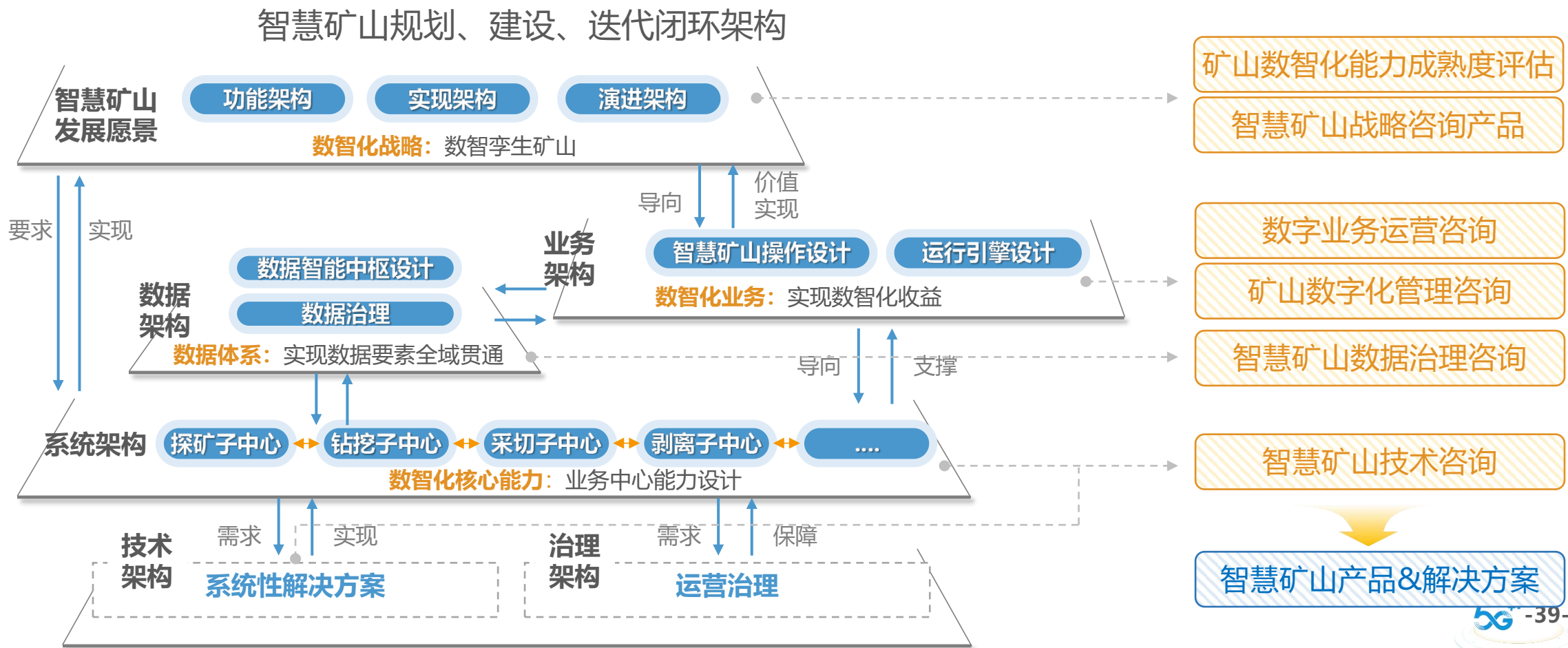
战略、技术、管理等跨领域、定制化培训课程

知识服务 知识与信息整合输出

基于知识库，提供标准化与定制化知识服务

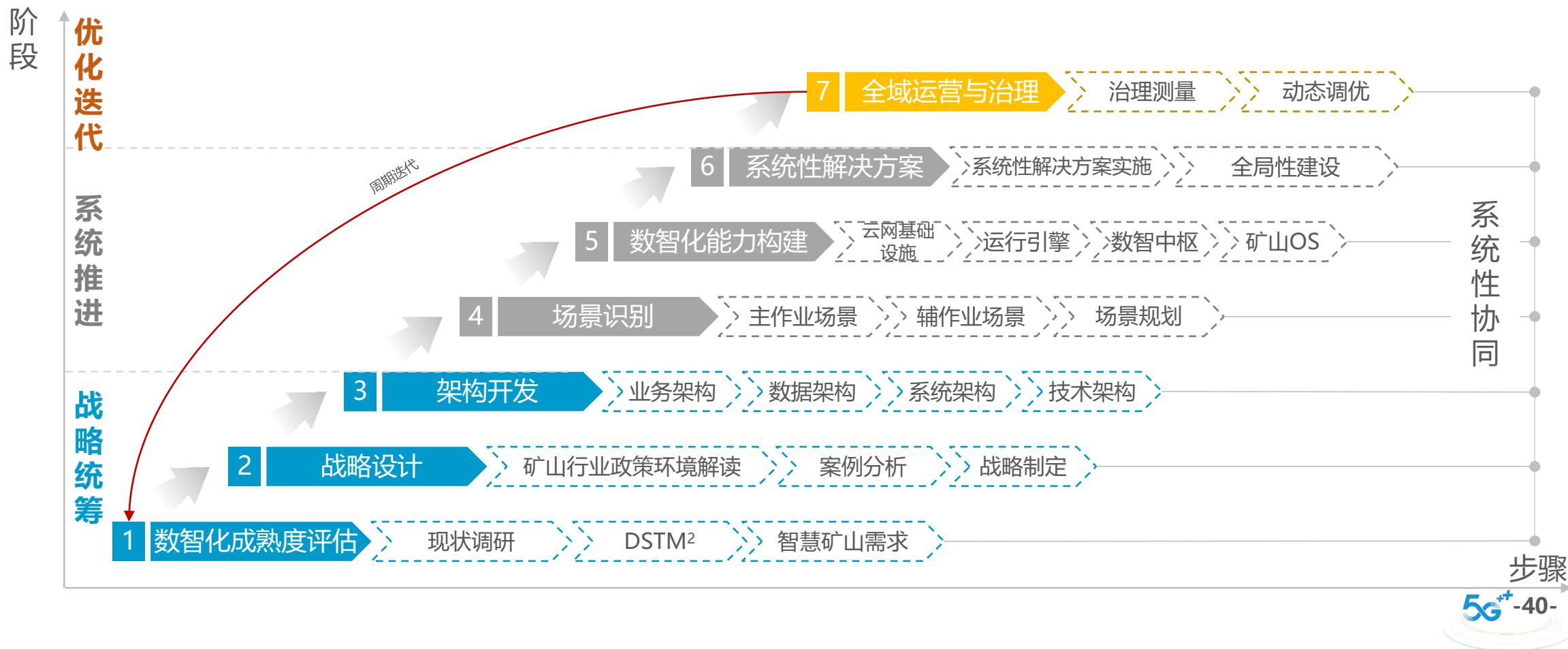
从系统架构全过程视角出发，定位矿山行业转型咨询服务场景

智慧矿山建设是咨询规划、建设实施、运营迭代循环往复构成的闭环体系结构，按照系统架构实践视角可以概括为发展愿景、业务架构、数据架构、系统架构、技术架构与治理架构5部分，中国移动数智化转型咨询产品体系与其形成匹配。



转型咨询赋能智慧矿山建设的3个阶段与统筹推进的7步行动

智慧矿山建设的7步行动是矿山行业数智化转型工作的具体实施过程，也是一个转型工程的推进周期。具体包含“战略统筹、系统推进、优化迭代”三个主环节。每一个完整的“7步行动”都是一次转型工程的开展，与下一个“7步行动”形成闭环衔接。





中国移动数智化转型咨询产品与智慧矿山建设需求全面对接

03

中国移动数智化咨询服务体系

服务体系

数智化转型咨询产品服务体系

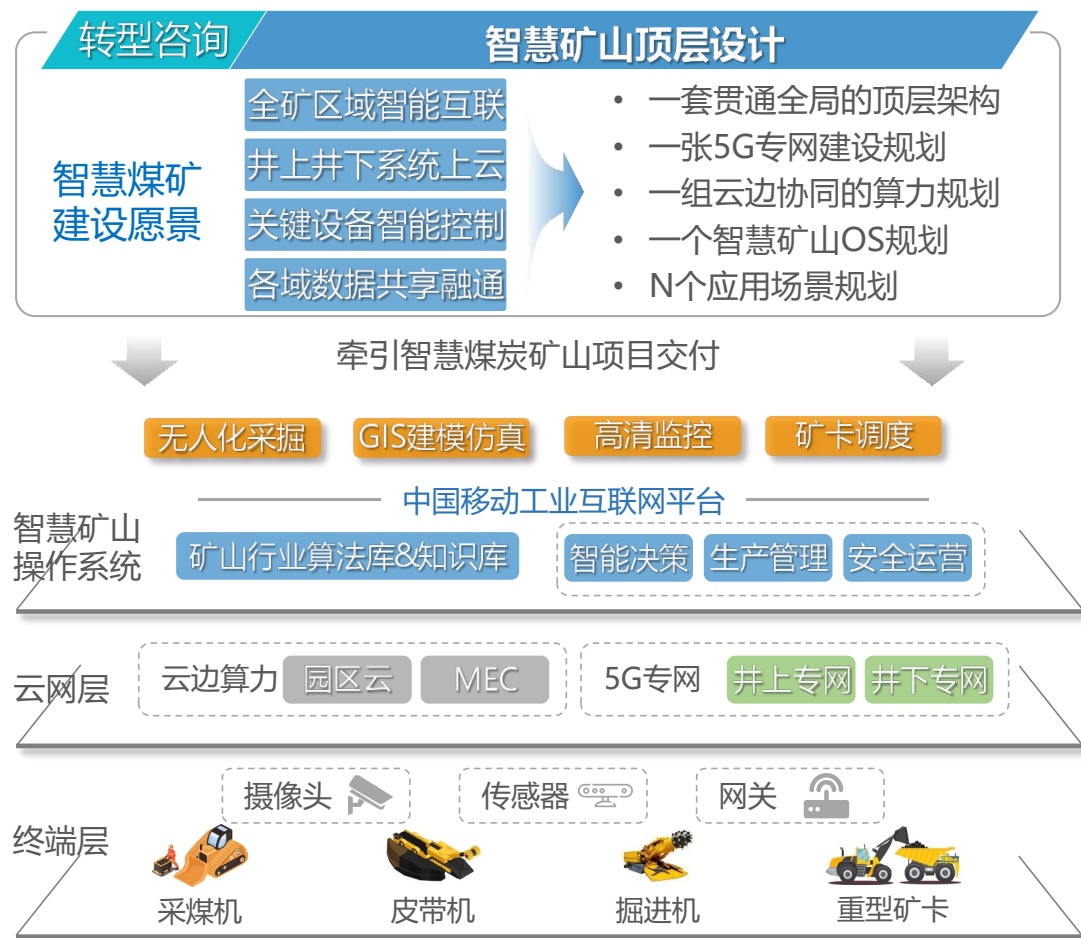
场景化案例

转型咨询赋能矿山建设案例

案例1：转型咨询赋能智慧矿山顶层设计

咨询牵引，夯实顶层设计，交付省级煤炭企业大型智慧矿山系统性解决方案

某煤矿企业是内蒙传统重点企业，原有煤炭开采存在智能化程度弱、协同管理效率低、业务模式陈旧等问题，中国移动依托智慧矿山数智化转型方法论，以5G+AI+边缘计算为依托，系统性规划了该煤炭企业顶层架构，并完成系统性落地交付。



数智化咨询先行，夯实煤炭矿山顶层设计

结合省级煤炭矿山企业发展战略，充分调研矿山生产运行实际诉求，依托中国移动智慧矿山咨询方法论，完成智慧矿山顶层设计方案

业务智能场景创新，立足实际生产需求

围绕需求最明确的矿卡无人驾驶、无人化采掘、井下融合组网、井下高清视频、井下远程控制等业务活动打造创新业务场景实践

引入中国移动工业互联网平台，打造智慧矿山操作系统

以中移工业互联网平台为底座定制化交付运维操作系统，实现设备一站式接入管控、数据互联互通、智能算法赋能生产、AI辅助决策等核心能力

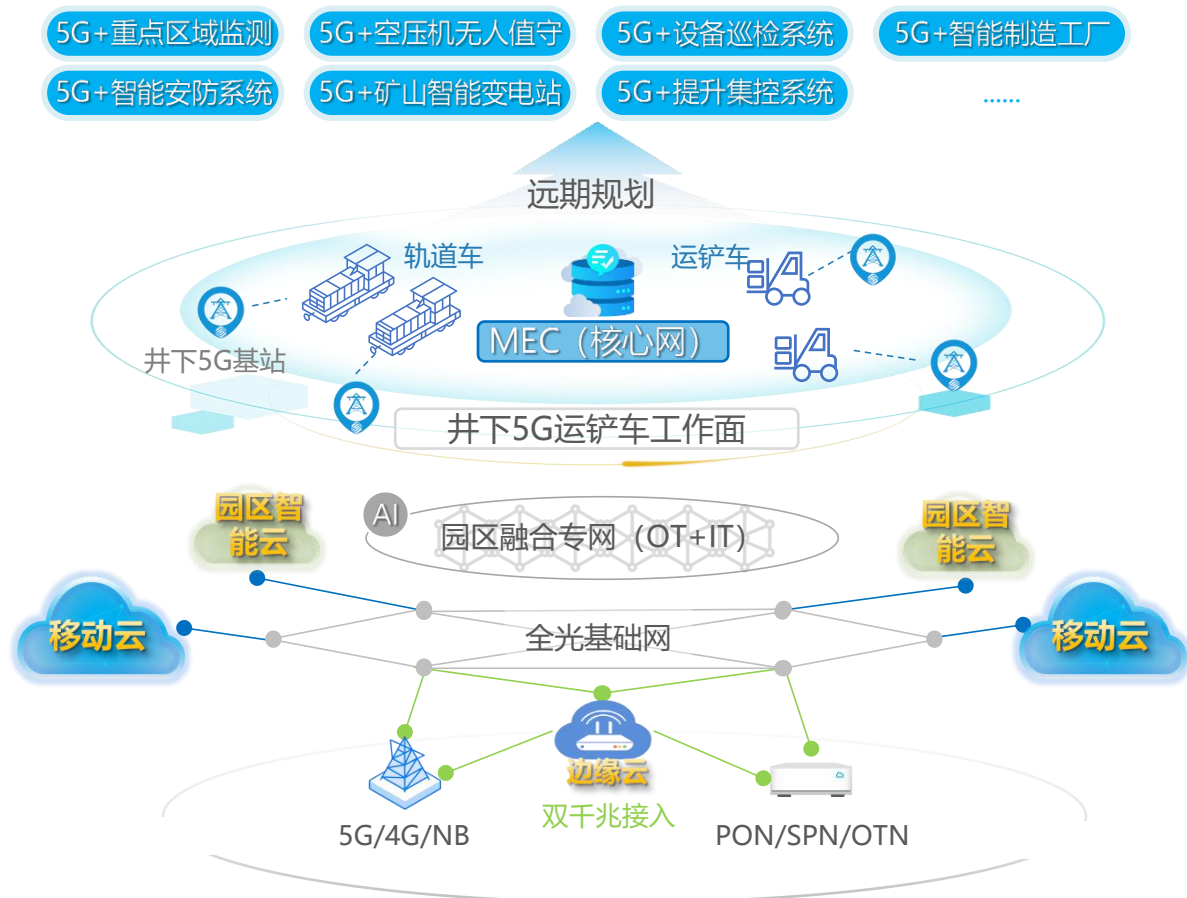
依托5G原生技术优势，构筑云网一体基础设施

建立井上井下融合统一的5G工业专网，实现OT网络与IT网络扁平化组网基于MEC实现园区算力与边缘算力的高速协同，助力分布式智能管控服务

案例2： 5G+助力矿区无人驾驶落地

数智基础设施咨询助力“5G+边缘计算+AI” 赋能金属矿山智慧化应用落地

某贵重金属矿业企业是国有大型骨干企业，运营矿山30余座，采掘设备机械化、智能化水平在国内处于领先地位，中国移动以5G工业专网为基础，借助AI、大数据、物联网、VR等新技术，开展“5G+Cloud+AI数智基础设施赋能”项目，基于5G+融合应用创新计划，制定数智化基础设施顶层规划，并完成落地，稳固了公司在业内数字化领域的领先优势。



数智基础设施规划

立足需求



以客户实际需求（人力成本高、井下作业人危险、生产效率低、井下网络不畅）为输入，从智能矿山、智能冶炼、智能制造三大业务板块入手，以终为始，挖掘设计5G应用场景26个，并制定落地规划。

规划方案



结合无人驾驶等首批应用需求，融合人工智能（AI）、大数据、物联网、虚拟现实（VR）等数智技术，完成“5G+边缘计算+AI数智基础设施赋能”顶层规划。

5G专网方案规划

云边协同算力规划

AI智能平台规划

近期：井下无人驾驶方案设计

远程驾驶系统

无人驾驶边缘计算控制系统

运维管理系统

远期：5G+融合应用

5G+重点区域监测

5G+空压机无人值守

5G+设备巡检系统

...

中国移动深耕矿山数据治理方法，依托数据咨询赋能数据智能中枢建设

智慧矿山核心价值实现路径是以应用为导向、数据为核心，以“精益运营、智慧管控”为目标，中国移动智慧矿山咨询团队一直以来持续深耕具有矿山特色的数据治理方法，依托数智咨询助力矿山企业搭建“数据智能中枢”，形成矿山智慧运营新体系，最终实现智慧管控及科学决策的新模式。

实际问题



中国移动矿山数仓方法积累

中国移动智慧矿山咨询团队针对矿山的复杂、海量、异质、异构、时变、随机、多态数据特性，形成了一套适用于智慧矿山的数据索引格式、元数据格式、数据表结构、布局方式、存放格式、精度要求、时效设置和编码方案。

涉及主题域数据	地形地貌数据库	地质勘探数据库	生产技术数据库
	安全信息数据库	设备参数信息库	环境感知数据库
	生产计划数据库	经营决策数据库	人力资源管理库
	地质模型数据库	数字地面数据库	储量评价数据库

数据咨询赋能数据智能中枢建设案例实现步骤



报告编委

专家委员会：徐峰、杨劲、谭振龙、杨鸿宾

报告编委会：路宇浩、杨天歌、张骋、唐威、姚雪冰



中移数智科技有限公司

地址：北京市海淀区海兴大厦C 座

电话：010-52696688