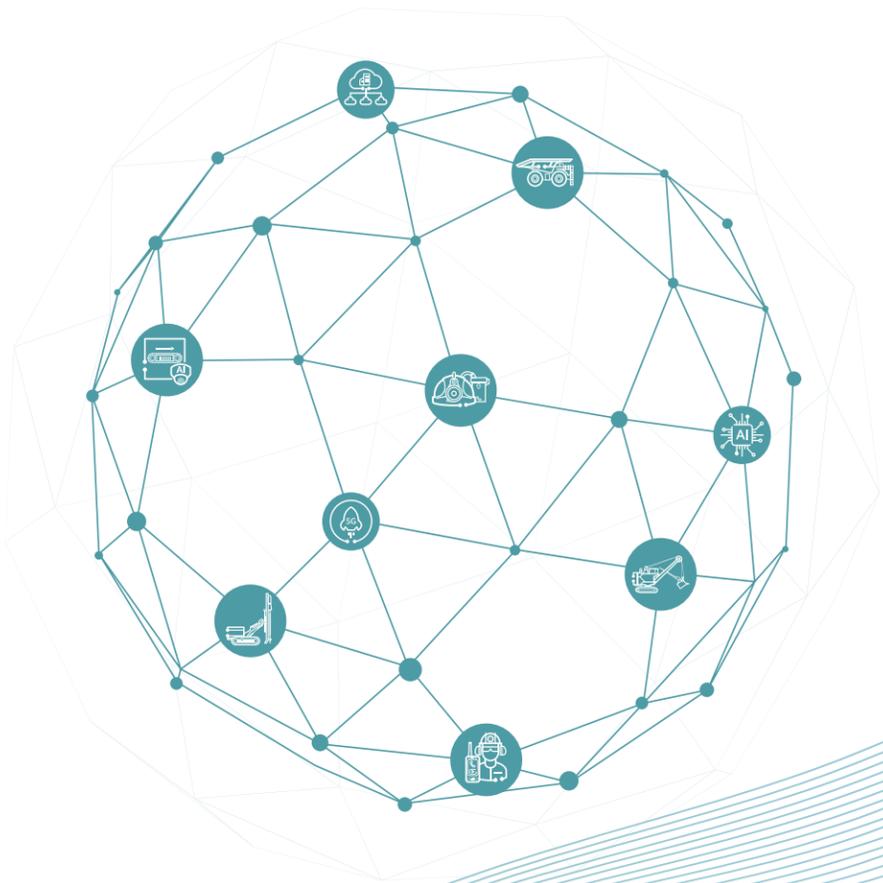


# 金属矿山数字化转型

白皮书



中国·深圳

2023年5月

# 序

金属矿山数字化转型,已经在中国初战告捷,业已形成可复制、可迭代的行业转型范式。2021年发布的《5G+云+AI 赋能有色矿山数字化转型白皮书》向我们展示出5G+云+AI等新型技术推动工业发展的强大能力和行业协同交叉促进金属矿山智能化发展的美好前景。

随着越来越多的金属矿山企业通过数字化转型带来了显著收益,如何全方位的推进数字化,如何“站在后天看明天”,借助数字化助力企业的高质发展,持续构建组织级竞争力,已经成为众多企业思考的首要问题。本次发布的《金属矿山数字化转型白皮书》向我们展示了如何全面的推进金属矿山数字化转型,包括建设的愿景目标、蓝图架构、实施步骤、保障机制等内容。

全面数字化转型取决于我们对数字化战略的认知。数字化战略是有限资源下的取舍,是方向性的、全局的、是基于未来的,是达成中长期目标的手段,是对企业未来有重大影响的下一步行动。通过使命、愿景的制定,结合企业的价值定位和经营目标,输出核心发展战略,实现“力出一孔”和“利出一孔”。

全面数字化转型,数据是核心。围绕矿石流,我们借助新的工业互联网平台去收集与管理矿山测绘数据、生产过程与工艺、生产管理、设备运行的各种数据参数;通过智能模型的训练,去优化或替代原有的业务工作流程,让数据成为新的核心生产要素。

全面数字化转型需要充分认识到,智能矿山的本质是工业互联网架构结合金属矿山业务的一次体系化的变革,统一标准,统一架构,统一数据格式是关键。如果装备的操作系统不统一,连接协议不统一,业务系统一个个孤立的存在,数据无法集成共享,那么智能化就无从谈起。要实现金属矿山的全面数字化转型,我们必须通过顶层的统一规划,分步实施,系统性地解决这些面临的异构问题。以“矿石流”和“信息流”为经纬线,深挖数据价值,使数据真正成为关键核心生产要素。

共同携手,做好数字化转型必答题!加速数字化转型,实现高质量发展!

是为序。

**编写单位:** 华为技术有限公司  
(排名不分先后) 江西铜业股份有限公司  
中国铝业集团有限公司  
金川集团股份有限公司  
紫金矿业集团股份有限公司  
中国黄金集团有限公司  
深圳市中金岭南有色金属股份有限公司  
鞍钢集团矿业有限公司  
攀钢集团矿业有限公司  
酒钢集团西沟矿业有限公司  
中国黄金集团内蒙古矿业有限公司  
矿冶科技集团有限公司  
北京瑞太智联技术有限公司

**编写组:** 卢晓、易剑辉、王雪峰、李剡兵、王洪、孟宪宇、郭奇、吕苏环、程少逸、董文生、周俊武、龙涛、  
(排名不分先后) 张化武、张海涛、喻鸿、刘晓明、丛峰武、张军、张宝金、高文远、黎一冰、白万明、黄绍威、  
张元生、吴小建、伍越、鲍贞竦、赵谦、陈敏、姚磊、张越、程如砥、康斌、李强、吴磊、江帆、  
邹育泉、杨涛、胡罡、魏鹏、王寒、马骥、马斌、王伟、姜明哲

# 目录

概述	01	3.采矿生产系统数字化	27
一、宏观环境与行业发展趋势	02	4.选矿生产智能控制	34
1.国家数字经济政策	02	5.尾矿处理智能化	37
2.金属矿山行业现状与挑战	02	6.矿山安全管理	39
3.金属矿山行业数字化转型政策	04	7.设备智能管理	40
二、金属矿山数字化转型顶层规划	05	8.矿山能源管理	41
1.数字化转型顶层规划的必要性	05	9.矿山环保管理	43
2.数字化转型顶层规划的方法	06	10.RPA办公自动化	43
3.数字化转型顶层规划的核心要点	08	六、金属矿山数字化转型保障体系	45
三、金属矿山数字化转型愿景目标	10	1.金属矿山数字化治理体系	45
1.金属矿山数字化转型愿景	10	2.金属矿山数据治理体系	47
2.金属矿山数字化转型目标	11	七、金属矿山数字化转型带来的价值	48
3.金属矿山数字化转型阶段	11	八、金属矿山数字化转型优秀实践	49
四、金属矿山工业互联网架构设计	12	1.江西铜业集团有限公司案例	49
1.金属矿山物联操作系统	13	2.鞍钢集团矿业有限公司案例	50
2.金属矿山工业网络	15	3.攀钢集团矿业有限公司案例	52
3.金属矿山云平台	17	4.酒泉钢铁(集团)有限责任公司案例	54
4.金属矿山数字平台	18	5.中国黄金集团内蒙古矿业有限公司案例	55
5.金属矿山网络与信息安全	20	6.中国铝业集团有限公司普朗铜矿案例	57
6.金属矿山信息系统运维体系	22	九、金属矿山数字化转型展望	58
五、基于工业互联网架构的金属矿山数字化应用	23	附1:参考文献	59
1.金属矿山综合管控平台	24	附2:缩略语	60
2.矿山地质资源数字化	25		

# 概述

我国金属矿山智能化建设虽然取得了很大的成绩,但大部分矿山数字化进程处于自动化和信息化之间,在技术装备水平、资源综合利用、精细化管理、安全和环境保护方面跟矿业发达国家的大型矿山仍然有较大差距,数字化提升空间巨大。

金属矿山企业数字化转型在管理、技术方面存在一系列挑战。管理方面存在管理不够精细化、全员观念转变和劳动力招工风险等问题;技术方面存在生产装备数字化和智能化水平不足,传统信息化系统存在“七国八制”信息孤岛等问题。我国数字化矿山建设工作在装备的自动化、设计与管理的信息化水平等方面尚不能满足智能开采要求,因此转型升级和跨越发展的任务紧迫而艰巨。

高质量数字化转型顶层规划是矿山企业数字化转型成功的先决条件和成功的起点,帮助矿山企业明确未来数字化发展方向,实现“力出一孔”和“利出一孔”。数字化转型顶层规划过程中,同时确保先进性、统一性、兼顾性、安全性和可复制等基本原则,一次规划,分布实施,为矿山企业数字化转型提供总体规划设计。

智能矿山建设本质是工业体系架构变革及数字化矿山应用建设的结合,唯有建设统一架构的工业互联网平台才能彻底解决信息孤岛等问题。把云计算、大数据、AI、5G、物联网等新一代信息技术与矿业工业互联网建设相结合,助力矿业迈向智能化。智能矿山工业互联网架构的核心是构建统一标准、统一架构、统一数据规范,这已成为实现行业高质量发展的必由之路。

此次金属矿山数字化转型白皮书,介绍了金属矿山数字化转型的趋势和内涵,并对数字化转型顶层规划和工业互联网架构这两个矿山企业数字化转型核心要素进行阐述。通过数字化转型顶层规划,以问题为导向,开展数智诊断;以目标为导向,制定愿景蓝图;以结果为导向,规划实施路径。通过矿山工业互联网架构,实现数据打通,将数据发挥更大的价值,推进智能矿山工业互联网建设,将数智技术深度融合到矿山生产流程中。

加快构建新发展格局,建设现代化产业体系。以数字化转型顶层规划+工业互联网架构为关键要素,将5G、云、AI、大数据等技术融入到金属矿山数字化转型的架构规划中,实现金属矿山数字化转型。

## (一) 宏观环境与行业发展趋势

### 1 国家数字经济政策

全球已经进入数字经济时代,数字经济成为发展新动能,在GDP中占比越来越大。当前,我国经济已由高速发展转变为高质量发展,伴随新旧动能转化和供给侧结构性改革的不断推进,社会发展已经进入智慧化发展新时代。

2022年2月,习近平总书记在中共中央政治局第三十六次集体学习时强调:“要紧紧抓住新一轮科技革命和产业变革的机遇,推动互联网、大数据、人工智能、5G等新兴技术与绿色低碳产业深度融合。要下大气力推动钢铁、有色、石化、化工、建材等传统产业升级,加快工业领域低碳工艺革新和数字化转型”。

2023年2月,中共中央、国务院印发了《数字中国建设整体布局规划》,指出建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎,是构筑国家竞争新优势的有力支撑。加快数字中国建设,对全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴具有重要意义和深远影响。《规划》指出要做强做优做大数字经济,培育壮大数字经济核心产业,研究制定推动数字产业高质量发展的措施,打造具有国际竞争力的数字产业集群。推动数字技术和实体经济深度融合,在农业、工业、金融、教育、医疗、交通、能源等重点领域,加快数字技术创新应用。

### 2 金属矿山行业现状与挑战

我国矿山智能化自1999年提出“数字矿山”概念以来,经过20余年的研究与发展,国内部分大中型矿山企业在采矿设备机械化无人化、开采环境数字化、生产过程控制自动化、经营管理信息化、大数据分析等方面的发展水平均得到一定程度提高,在保障矿山生产安全,提高企业经济、社会效益方面发挥了重要作用。据统计,我国规模以上的金属矿山有近两万座,地下开采矿山占比70%。其

中,现代化程度较高、技术装备水平和资源综合利用程度接近矿业发达国家水平的大型矿山仅约10%,其他大型矿山和中小型矿山仍存在资源综合利用率低、精细化管理不足、网络基础设施不够完善、安全和环境问题突出等问题。

(1) 矿山生产及运营过程中存在一定的安全风险,安全类事故影响巨大。矿山开采环境存在复杂性和多变性,在爆破作业、机械操作、矿石运输、边坡等方面存在较多不安全因素,危险程度较高,矿山安全生产事故多发,出现事故对企业负面影响极大。随着矿山深部开采的不断推进,安全作为矿山发展的红线和底线,矿山企业压力越来越大。

(2) 生产环境艰苦,招工不易。矿区工作环境中部分场景中在高温、噪音、粉尘等问题比较突出,职业病多发。因为矿山作业条件艰苦,矿山工作人员普遍存在老龄化严重、技术人才短缺、招工困难,随着老一代矿山工人的逐步退休,矿山将面临无人可用的困境。

(3) 生产装备自动化、系统智能化水平不足。

矿山生产装备以传统机械为主进行生产作业,当前作业主要依赖于人工驾驶凿岩台车、牙轮钻机、铲运机、电铲、矿卡等移动装备完成作业,绝大多数设备在运行过程中,无法实时获取生产状态信息,反向控制能力弱,操作、管理和维护效率低下。

生产控制系统网络化、网络智能化水平不足,不具备自主无人、协同生产的基础技术条件。

缺失采集和利用生产过程数据的手段,难以帮助管理和生产人员实时了解生产过程及情况,进一步难以进行决策优化。

(4) 金属矿山传统管理模式比较粗放,运营管理没有实现精细化。我国金属矿山受制于矿山开采条件的复杂性和困难性,以及生产装备更新速度慢、信息化水平不高等原因,形成了粗放型管理模式。现场生产情况无法实施准确监控,实时数据获取及共享能力不足,矿山企业各级管理人员精细化管理意识没有系统形成,生产计划与调度效率有待提升。为提高矿山开采效率,降低开采成本,加强安全环保管理水平,需要借助数字化手段提升矿山精细化水平。

(5) 缺少高效统一的工业基础网络能力。

各类工业网络七国八制导致形成“网络孤岛”,不同形态的网络并存并难以实现互通,无法通过统一的基础网络,高效满足生产作业的专网建设要求,阻碍了工业数据融合和价值发挥。

现有无线通信技术(如4G、非授权无线电等、工业WIFI等)存在不同的局限性,难以满足矿山对通信网络的带宽、时延、可靠性、灵活性、安全性的要求。

(6) 数据价值缺少挖掘,数据对经营管理决策和指挥调度的支撑不足。

硬件设备及各业务系统产生的海量数据没有得到深层次的应用,只是简单的显示,没有挖掘数据价值。随着业务的不断发展和信息化的不断深入,各业务部门及生产单位建设的业务系统越来越

多,数据种类不断丰富完善,数据量不断增大。各业务系统只是呈现单一业务信息或单项数据,公司领导及各级管理者难以全面掌握生产信息及业务概况,经营管理决策和指挥调度还是主要依靠个人经验,难以对复杂事务做出合理决策。

## 3 金属矿山行业数字化转型政策

受全球经济环境和国内政策影响,全球及中国采矿业从2016年开始复苏,全球矿业勘查活动投资和固定资产投资触底反弹,煤炭、铁矿石、有色金属矿石价格持续上涨,矿业公司市值和利润明显增长,矿山企业纷纷要求自身从粗放式发展向高质量发展转变,绿色、安全、高效已成为采矿业的共同诉求。在国家战略和政策的指引下,国家相关部委、矿山行业协会也颁布了一系列矿山数字化转型的相关政策及指导意见,为矿山数字化转型提供指引,以及营造良好的政策环境,加快推动矿山企业数字化转型。

2020年4月,工信部、发改委、自然资源部联合发布了《有色金属行业智能矿山建设指南》,明确建设生产全流程的少人无人化、本质安全的有色金属智能矿山,加快5G、人工智能、工业互联网等新一代信息通信技术与有色金属行业融合创新发展,切实引导有色金属企业智能升级。

2020年10月国家煤矿安全监察局更名为国家矿山安全监察局,加强对非煤矿山的安全生产管控。

2021年8月,自然资源部正式发布《智能矿山建设规范》。确立了智能矿山建设的一般原则,规定了在地质与测量、矿产资源储量、矿产资源开发、选矿、资源节约与综合利用、生态环境保护、协同管控方面实现智能化的基本要求。

2022年8月,应急管理部、国家矿山安全监察局印发《“十四五”矿山安全生产规划》,旨在进一步防范化解重大安全风险,有效遏制矿山重特事故发生,保护从业人员生命安全,全面提升矿山安全综合治理效能,实现矿山安全高质量发展。明确提出要推动建立矿山智能化技术规范与标准体系,加大矿山智能化建设政策支持力度,推动无人少人智能化示范矿山建设。

# (二) 金属矿山数字化转型顶层规划

## 1 数字化转型顶层规划的必要性

企业数字化转型会面临各类挑战。研究表明，企业在数字化转型方面失败有多种原因，包括缺乏清晰的愿景和目标、文化和组织问题、缺乏高层支撑、流程过于复杂、预算支撑不足、组织风险高、缺乏数字技能、治理架构孱弱、缺乏紧迫感、缺少行业路标和缺少监管措施，其中缺乏清晰的愿景和目标是企业数字化转型失败的首要原因。

矿山数字化转型顶层规划需要采用科学的方法，如ODMM模型、BLM模型、DTPC联合创新工作坊等方法，为矿山数字化描绘战略愿景和蓝图架构，识别“矿石流”价值阶段和价值场景，输出解决方案构想和智能矿山建设路径。顶层规划中充分引入5G、云、AI、数字孪生等新技术要素同矿山生产管理相结合，重塑数字矿石流新旅程，为建设智能矿山绘制完整的数字化转型蓝图和矿企生产、技术、管理转型路径。

为了达成智能矿山的目标，首先要通过顶层规划明确未来发展方向，实现“力出一孔”和“利出一孔”。从战略和业务目标出发，重点回答战略环境、战略目标和战略路径三个关键问题：

**(1) 战略环境(在哪里?)**：通过科学的调研访谈和数字化成熟度评估，内外部环境分析以及一流最佳实践对标，明确企业当前数字化成熟度以及数字化转型所处阶段。

**(2) 战略目标(去哪里?)**：面向未来，结合企业自身业务发展特点，制定数字化转型愿景、蓝图和目标；基于“矿石流”梳理主要数字化场景，输出企业架构蓝图和高阶架构设计。

**(3) 战略路径(怎么去?)**：基于企业现状与目标的差距分析，识别转型约束条件与资源需求，制定切实可行的实施规划，确保目标达成。主要工作过程包括约束条件分析、资源需求分析、实施路径规划，以及实施任务分解等。

## 2 数字化转型顶层规划的方法

矿山数字化转型顶层规划通常通过业务调研、领导访谈、专家评估、专题研讨等多种形式，并结合业界最佳实践，对矿山的数字化现状进行评估。对准矿山的发展战略和业务目标，采用科学的，前瞻的顶层规划方法，以目标为导向明确智能矿山愿景和战略，制定智能矿山蓝图架构，规划智能矿山核心落地场景、实施路径及策略；以结果为导向，制定项目实施保障机制，以确保项目的可落地性。顶层规划过程如下图：

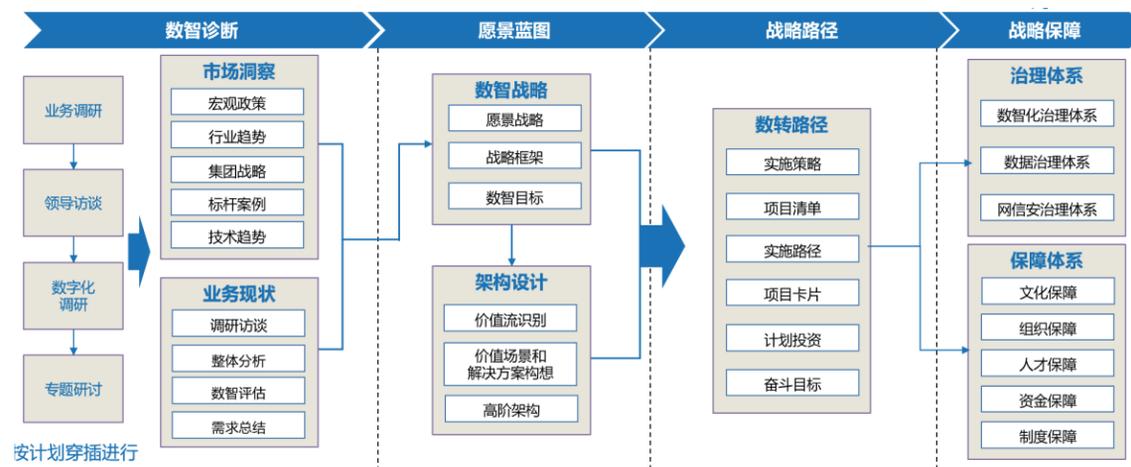


图1：数字化转型顶层规划方法框架

**第一步，智能矿山洞察与现状分析。**剖析智能矿山建设的内外部因素，将矿山内部的业务诉求与外部的宏观环境与洞察分析相结合。从内部视角看，通过对矿山各业务部门的深度调研，理解矿山的业务战略和发展理念，梳理客户业务发展的痛点及需求，明确符合客户矿山建设方向的数字化顶层规划重心。

通过看政策、看行业、看标杆、看集团的洞察方法，解读国家政策和集团战略，分析行业发展趋势，总结标杆企业数字化建设经验，结合矿山自身发展面临的挑战，为后续的智能矿山顶层规划提供支撑。

以矿石流为主线，深入了解矿山核心业务数字化现状和数字化需求，调研矿山机关和辅助生产部门的管理职能和相关系统应用现状。通过人员访谈、现场考察、资料研究、会议研讨等方式，对“矿

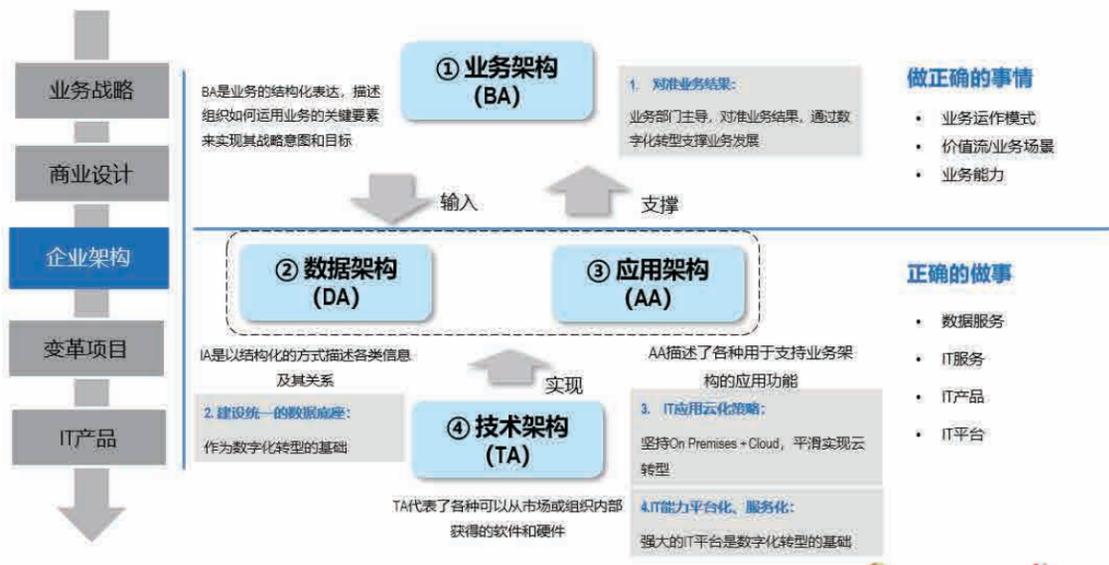
石流”价值链的断点、痛点、盲点进行排序，清晰的反映矿山整体数字化现状和数字化成熟度，同时厘清各单位的关键数字化诉求，为后续制定与实际情况相适配的顶层规划提供依据。

参考《智能制造能力成熟度模型》(GB/T 39116-2020)、《智能矿山建设规范》与国际开放标准组织发布的ODMM数字化成熟度评估模型，基于现场调研的事实证据，按照组织与人员、数字技术与治理，矿山资源与装备、矿山生产(采矿与选矿)4个维度以及成熟度等级描述对矿山整体数字化成熟度进行专业评估，并与业界先进水平进行对比，形成评估报告。基于评估结果与差距提出智能矿山的改进方向，并制定相应措施，开展智能矿山能力提升活动。

**第二步，蓝图框架设计。**以智能矿山建设的愿景及目标为基础，以业务蓝图和总体框架为牵引，以用户体验为中心，以数字技术为手段，根据SMART设计原则，进行智能矿山企业架构设计。

基于科学的方法论和企业数字化发展阶段，制定智能矿山愿景、蓝图和敏捷的、可迭代的智能矿山战略。基于SMART原则，制定具体的、可衡量的、可达到的数字化战略目标。

明确智能矿山整体企业架构。企业架构包括业务架构(BA)、数据架构(DA)、应用架构(AA)、技术架构(TA)。业务架构保证做正确的事情，应用、数据、技术架构保证正确的做事。聚焦采矿、选矿等核心业务，以及地测、能源、机电等职能部门及辅助单位等管理支撑业务，进行业务全流程数字化顶层规划。



**业务架构设计**基于矿山业务架构现状，考虑未来业务发展战略与行业领先实践，明确数字化规划业务边界和业务范围，确定矿山未来业务架构。**数据架构设计**根据矿山业务活动对象和内容的特征，进行主题域划分，目的是为确保业务数据被有效整合和分析利用，产生数据洞察，发挥数据价

值。数据架构包括数据资产目录、数据标准、数据模型和数据分布。**应用架构设计**通过对业务架构进行解析信息化全面覆盖和应用边界的完整性。**技术架构设计**支撑矿山信息化应用和数据应用的基础技术平台能力规划，构建矿山新型基础设施，为矿山的数字化转型提供基础设施和技术能力保障。

打造基于工业互联网架构的工业承载网、云基础设施和数字平台，为业务数字化创新提供技术及数据一体化支撑。通过建立大带宽、多业务承载、有线无线融合的可靠工业承载网。建设云基础设施将物理资源转化为虚拟资源池，实现资源集约化建设，云上云下联动，高效运营。打造统一数字平台，提供平台型人工智能、大数据、物联网能力；支持数据、业务、系统融汇打通，消灭信息孤岛，沉淀数据资产，构筑全面感知的数据能力。

**第三步，实施路径设计。**基于总体蓝图框架，依据紧迫性、重要性、成熟度、经济性等原则，结合智能矿山建设的统一的标准规范体系与信息安全体系，设计智能矿山建设的实施路径。通过对总体蓝图框架的逐项拆解与解读，识别需建设实施的智慧化应用、平台及基础设施，确保落地建设内容与整体规划、场景设计等内容保持一致。其次，基于业务紧迫性和实施难度划分智慧化建设阶段，并根据数字化建设内容的功能属性，形成项目清单。

**第四步，保障体系规划。**通过对组织、文化、人才、资金、制度等方面配套机制进行系统性规划，为智能矿山建设提供保障。智能矿山建设需要建立相应的治理体系，采用有效的机制使得数字化的应用与组织业务有效融合，以赋能业务发展战略实现为出发点，遵循管控策略和原则，制定相应的体系运作机制和规则。

(1) 数字化治理体系。优化矿山数字化转型组织、管理制度、流程，形成数字化转型闭环管理机制，形成数字化转型系统化的治理体系。

(2) 数据治理体系。规划矿山数据治理体系，制定矿山数据管理办法框架，指导数据标准化、数据资产管理、数据质量管理、数据安全治理、数据集成管理等管理制度与管理平台建设方案，规划从数据采集、传输、汇聚、数据交互机制到数据消费的全生命周期安全管理机制。

## 3 数字化转型顶层规划的核心要点

在理解了顶层规划的价值和方法后，我们还必须认识到，顶层规划不是在建一个“必然成功”的逻辑链，而是建立一个“最有可能成功”的逻辑链，这个过程中有诸多因素会影响顶层规划的效果，

只有充分理解这些核心要点,顶层规划才能有的放矢,下面我们将这些要点进行分享:

### 要点一:数字化转型顶层规划是一把手工程

一把手对智能矿山的认识和态度,决定了矿山数字化建设的范围及深度。在项目中,“决策层选择战略,决定做什么,选择方向”。顶层规划为决策层选择方向提供方案,因此顶层规划过程中及评审阶段都需要一把手的参与,并由一把手最终决策是否立项及资金资源的投入,是否将智能矿山纳入企业发展规划的一部分。

一把手能平衡矿山“规划-建设-运营”全周期涉及内外部各组织的利益,平衡效益与成本,均衡管理与执行。在立项后的执行落地阶段,各有所长各有分工,需要由一把手来筹建组织,融合业务及建设的人员,能力互补,共同开展矿山数字化工作。

一把手的决心才能最终推动智能矿山的落地。需要组织、流程的调整配合,需要一把手的决心把“ppt”变成“app”。束之高阁的顶层规划,没有执行落地,智能矿山只能是镜花水月。

### 要点二:数字化转型顶层规划基于国家战略,承载业务战略

顶层规划围绕业务开展,以业务战略为输入,在符合业务战略的前提下进行设计。一方面业务战略是智能矿山顶层规划的输入。智能矿山顶层规划是在业务战略的整体指引下,对智能矿山进行愿景目标及路径设计。没有业务战略作为输入的顶层规划,在方向上容易设计失误。另一方面智能矿山顶层规划是业务战略在智慧化方面的系统设计。顶层规划承接业务的落地,通过对业务架构的系统梳理,明确智能矿山的业务全景图,综合考虑业务需求、商业价值和技术成熟度,设计方案总体架构及实施路径,指导后续矿山的数字化建设。

近年来,国家提出“双碳”战略、数字中国战略、新基建发展战略,为智能矿山建设赋予了新要求 and 驱动力。智能矿山顶层规划应充分响应国家战略,对智能矿山进行整体规划。以“双碳”实践为例,智能矿山顶层规划应秉承绿色、低碳、可持续发展理念,规划矿山碳排放达峰的场景及技术应用,有序推进绿色矿山建设。

### 要点三:顶层规划工作需要专业的团队负责

智能矿山的顶层规划是一项复杂的系统工程,需要甲乙双方深度参与,群策群力,并与相关专业单位密切配合与协同,如矿山规划设计院等,通过大量的跨部门、跨领域沟通及协作,才能全面洞悉矿山的痛点需求,共同描绘智能矿山的发展愿景。因此,顶层规划工作需要专业团队负责,团队构成通常以顶层规划咨询团队为主,智能矿山解决方案团队、IT专业技术团队为辅,联合矿山各业务部门及IT信息化部门等共同参与。

顶层规划咨询团队:拥有前瞻的战略规划眼光、扎实的专业能力,具备敏捷的洞察力和思维能力。结合数字经济和“双碳”战略,系统性、结构化识别,有效拆解未来智能矿山不同用户的核心需求

和潜在诉求,以及可能存在的痛点与问题。综合考虑用户需求、技术实现和商业价值,设计数字化的核心场景方案,形成智能矿山建设的“领航地图”。

智能矿山解决方案团队:懂矿山业务、懂矿山痛点,懂领先产品,通过整合市场科技产品和连接服务,为智能矿山在海量解决方案中匹配最适宜的产品(如安全、高效、绿色、环保),是智能矿山建设的“方向指针”。

IT专业技术团队:懂IT技术、懂架构、懂开发、凭借深厚的基础架构、软硬件能力、丰富的矿山服务经验,帮助矿山更敏捷、更高效地开展数字化建设,是未来智能矿山建设的“坚实保障”。

## (三) 金属矿山数字化转型 愿景目标

# 1 金属矿山数字化转型愿景

数字化转型需要“愿景驱动”。如果仅基于当前现状的持续优化来定义愿景,会被当前运作问题困住,改进步伐受限。“愿景驱动”的数字化转型,不仅要基于当前的痛点,更要瞄准未来,结合企业战略和商业模式来制定有前瞻性的愿景。

业务战略牵引数字化转型,同时数字技术和行业发展趋势,也将影响业务战略的制定。数字化转型要对准业务战略,支撑企业主业成功,这意味着数字化转型将优先重塑企业价值创造流。未来所有的企业都将是数字化企业,企业数字化转型是影响和支撑企业业务战略的,这意味着数字时代的企业需要适时的调整其业务战略。

矿山数字化转型愿景的核心价值是通过愿景描绘,在矿山内部统一思想,统一目标,统一语言,统一行动,解决数字化转型的整体性、协作性和可持续性。

金属矿山数字化转型愿景:推进数字化转型,实现高质量发展;建设数字矿山,打造具有全球竞争力的世界一流企业。具体内涵如下:

**业务数字化:**承接矿山企业的战略目标,以矿山管理及生产全流程为主线,将先进的DICT技术与业务深度融合,打造业务即数据的智能矿山新范式。

**数字业务化:**数据将成为矿山企业的核心生产要素,反哺核心业务和整体管理。数据作为企业血液,正在从辅助系统发展成核心系统,数据即业务。

## 2 金属矿山数字化转型目标

数字化转型目标要对准业务目标,数字化转型要有明确的业务目标的牵引。金属矿山数字化转型以支撑企业主业成功为目标,着力提升客户或用户的体验、运营效率和决策效率,进而通过模式创新实现新的增长,具体包括:生产智能高效、运营自动敏捷、决策科学精准、资源集约共享、组织高效协同、安全绿色环保。

2020年4月,工信部、发改委、自然资源部联合发布的《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》明确了建设目标:结合我国有色金属矿山开采环境复杂、安全管理压力大、多元素资源共生等特点,在矿山已有的自动化、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。

发展智能化乃至无人化采矿技术,革新矿山开采模式,减少危险作业场景工作人员,提高生产效率与安全性,是我国资源开发尤其是深部资源开采的必然选择和必经之路。

## 3 金属矿山数字化转型阶段

数字化转型是一个企业面向未来追求高质量发展的必答题,同时也是一个复杂的系统工程。数字化转型的本质,指的是运用先进技术(云/大数据/AI),通过数据(含非结构化数据)、算法、模型等,高效、低成本的实现大规模的基于场景的业务/数据关联建模(数字孪生),最终服务于实现生产作业、经营管理等业务场景的自动化处理。数字化转型路径以流程做基础,企业从流程化到信息化、数字化和智能化的过程是不能跨越的,但是可以结合各行业数字化转型最佳实践和经验来缩短自身发展周期。流程化、信息化、数字化和智能化阶段在任何一个企业都同时并存,由业务场景成熟度

决定。

通常企业数字化转型可以分为五个阶段:

**起步阶段:**刚有意识,暂无成果。

**局部突破:**已在部分领域试点和应用,且已产生收益。

**全面开展:**初步建立公司级的组织、流程、IT,完成公司主业的数字化转型。

**成为竞争优势:**能力成熟、全面落地,且已建立起完善的运营机制。

**行业领先:**自我学习、自我诊断、自我优化,构建起开放的生态。

矿山企业能否快速应对未来不确定性、形成绝对竞争优势,取决于数字化转型过程中各项能力的构建。要客观评价数字化转型的阶段成果,识别关键短板并形成有针对性的改进建议,可以从五个方面对数字化转型的能力和过程水平进行评估:

价值创造是目的,数字化转型要对准业务价值,实现客户满意、业务增长和效率效益提升,助力矿山企业的主业成功;

- 战略决心是牵引,明确数字化转型对准业务战略;
- 业务重构是核心,明确数字化转型需要重构业务运作模式和业务流程;
- 数字能力是技术驱动力,为数字化转型构建坚实的基础;
- 转型保障是支撑,为数字化转型成功保驾护航。

## (四) 金属矿山工业互联网架构设计

进入工业互联网时代,华为和大型矿山生产企业、行业伙伴在矿山智能化建设实践中,探索出“统一标准、统一架构”的智能矿山工业互联网作为矿山智能化的必经之路,通过“统一数据规范”充分发挥数据作为核心生产要素的价值已经成为行业普遍诉求。

矿山智能化采用5G、AI、云计算、IoT、大数据、AR/VR等高新技术,应用于矿山生产各个作业环节,实现矿山全流程、全生命周期的数字化与智能化。工业化与信息化的有机结合,实现矿山能耗节省、效率提升、精益化管理、安全管控等方面全面提升,其终极目标是实现“无人矿山”。矿山智能化的本质就是工业互联网,这意味着需要分层解耦、平台共享、能力共建、生态繁荣,才能实现行业知识和场景经验更快捷地在行业内被广泛调用。

智能矿山工业互联网架构的核心是要构建统一标准、统一架构、形成统一的数据规范,这已经

成为行业普遍的共识。首先,在统一标准方面,行业参与者发挥各自优势,基于统一的标准促进能力共建并广泛共享,加快智能化建设的速度、加大创新的深度;其次,工业互联网继承了消费互联网部分基因,在确保“方向大致正确”的基础上,参考工业互联网的架构,基于统一的平台进行敏捷开发与迭代,赢得创新先机;再次,统一平台打通现存的多个烟囱式系统,以统一的数据规范将数据快速、高效地统一入湖,数据在企业内跨系统、跨领域流动,南向统一连接装备和终端,北向使能各类应用。



图3:智能矿山工业互联网架构

智能矿山工业互联网架构包括智能装备的矿鸿物联操作系统、矿山工业网络、矿山云平台、矿山数字平台、矿山智能应用,以及网络安全体系和运营运维体系。

# 1 金属矿山物联操作系统

## 业务需求

操作系统是生产设备控制系统的重要组成部分,是设备的核心和灵魂。从设备分层架构来看,操作系统南向实现对各种软硬件资源接入、控制和管理,北向提供开发接口、存储计算及工具资源

等支持,并以工业APP的形式提供各种各样的服务。操作系统是硬件设备和软件应用沟通的桥梁,在工业生产设备中占据核心地位。

在矿山工业互联网的操作系统上,希望能统一系统、统一标准、统一构建,实现万物互联、万物感知。

## 数字化解决方案

华为矿鸿操作系统是新一代面向矿山行业终端的工业物联网操作系统,为不同设备的智能化、互联与协同提供了统一语言,首次实现一套系统覆盖多数矿山设备,通过统一协议让不同厂家设备可以智能互联互通,并针对矿山行业的安全可信进行了专项保障。矿鸿操作系统让矿山设备、作业人员终端、云端服务之间实现安全可信的互联互通和智能协作。

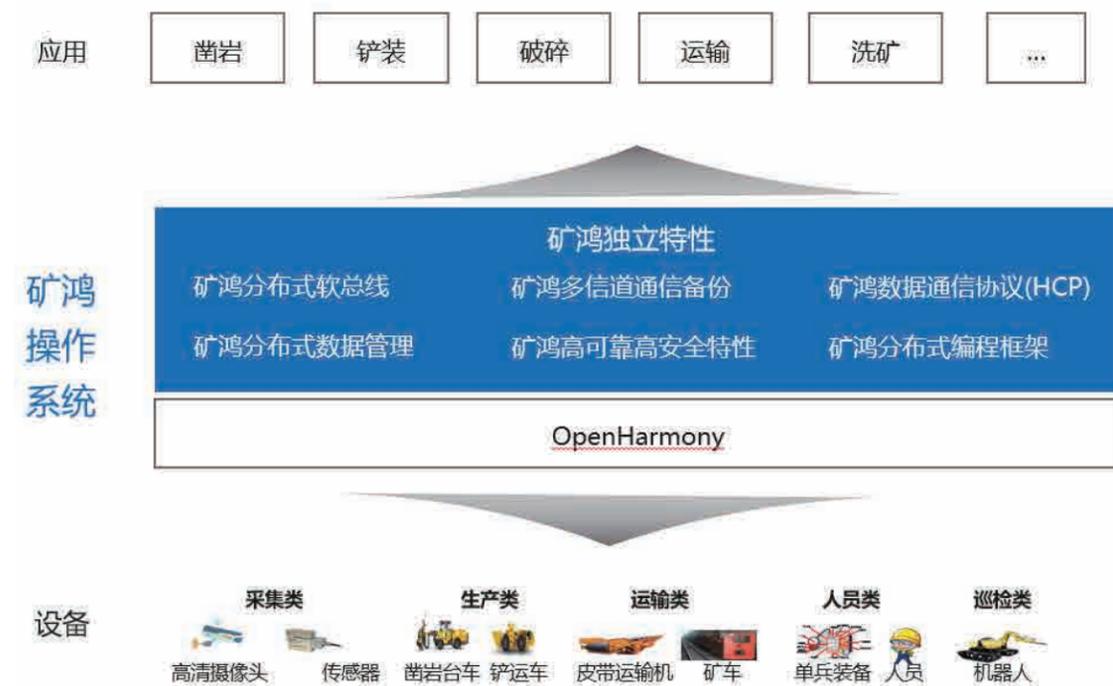


图4:矿鸿操作系统架构

## 数字化解决方案价值

矿鸿操作系统通过独有的分布式软总线技术以及统一的HCP协议等关键技术,助力矿山企业实现“智能感知、智能决策、自动执行”,为矿山行业的智能化升级打下坚实基础:

(1) 设备交互方式的转变:碰一碰,“无屏变有屏”。

(2) 设备数据管理方式的转变:统一数据传输协议,实现设备间数据互访问,让生产设备近场直接联动,提高智能化作业效率。

(3) 设备连接方式的转变:装备自动识别、即插即用,设备自动组网、自动配置,实现矿山设备的超级互联和跨系统的智能联动。

(4) 设备运维方式的转变:无人化巡检,实现生产现场少人目标,同时操作系统软件可以在线升级,提高运维效率。

## 2 金属矿山工业网络

### 业务需求

传统矿山一般建有多张工业网络,比如矿山生产网、安全监控环网、视频监控环网等,这些网络是随着业务发展离散建设,无统一规划,多张网烟囱式并存。随着矿山智能化建设发展,矿山业务将逐渐增多,大带宽、高可靠性、低时延与安全需求也会越来越多,现有模式与网络存在一些不足:

- (1) 网络建设成本高、网络运维困难、网络不互通、数据无法共享。
- (2) 技术老旧,无法做到全联接,无法保障网络SLA,无法保证网络安全。
- (3) 无法支持多场景灵活接入,无法满足敏捷运维,无法实现精准控制。

建设智能矿山,全联接网络是基础与前提。建设一张全覆盖、大带宽、关键业务高质量保障、统一承载、统一运维、多场景灵活接入的网络,实现矿山环境、设备、车辆、物料、人的数据“上得去”,矿山执行控制系统及智能算力结果“下得来”。

### 数字化解决方案

通过引入增强型工业环网、5G专网、WiFi6等多场景接入方案,结合传统技术(传统工业环网、UWB等),实现整个矿区所有设备全联接,实现人员、机械、环境数据的实时交互,对状态的实时感知,支撑金属矿山智能化建设与改造。

增强型工业环网,支持一网通达、多网合一、统一管控、网络切片,实现智能矿山各种高可靠业务、全场景安全保障、极简运维。

5G专网实现移动场景大带宽、超低时延接入。通过5G切片实现业务安全隔离,初期可聚焦刚需或增强型场景,比如有轨智能远控/无人电机车、5G远控/无人铲运车、5G远控卷扬机、AR/VR远程维护与泛移动场景。

5G/WiFi6场景协同、技术互补,构建大带宽、超低时延的全联接网络,丰富应用。

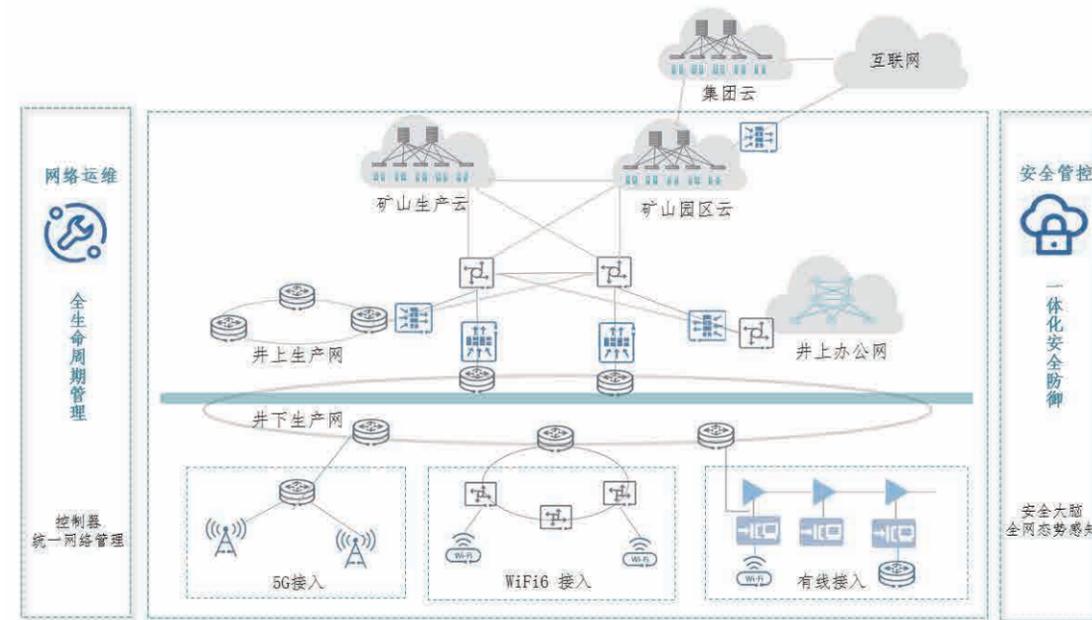


图5: 智能矿山网络总体架构

### 数字化解决方案价值

针对矿山网络的新业务需求,建设一张多网融合的矿山工业网络可支持矿山智能业务的高速发展。

**超宽承载:**超宽基础网络基于业务需求构建矿山50GE/100GE骨干环网、10GE接入链路,满足智能矿山未来业务日益增长的带宽需求,满足矿山智能化业务的持续演进。

**多网融合:**通过硬隔离切片技术,在一张物理网络上,构筑矿山多张硬隔离切片专网,满足矿山人员通信、传感器信息采集、远程控制等业务的硬隔离、低时延承载需求,实现矿山业务统一承载网络。

**灵活接入:**矿山接入无线化,通过部署5G基站、WiFi6 AP实现无线接入,打造矿山大带宽、低时延、高并发、无缝漫游的无线网络,满足矿山移动作业特殊场景。

**动态互联:**三层到边缘,支撑业务互通、就近转发以及流量均衡。网络扩展按需延伸、灵活部署,保障业务灵活路由和网络弹性扩展。

**快速定位:**通过随流检测技术,能够基于业务流,呈现业务真实路径,反应流量丢包位置,使故障快速解决,使业务快速恢复,保障矿山生产安全。

## 3 金属矿山云平台

### 业务需求

传统业务服务器资源多属于传统“一体化”小型机，非标准云化架构，不利于后续矿山智能化中存储计算资源扩容、应用系统灾备等。矿山云基础设施作为智能矿山的关键载体，将物理资源转化为虚拟资源池，可以轻松、动态的调度各类资源，实现资源集约化建设，云上云下联动，高效运营。

### 数字化解决方案

云是整个矿山工业互联网平台的基础，矿山两级云解决方案助力矿山企业实现统一规划、统一管理、集约建设，同时支撑集团和矿山智能化协同发展。矿山两级云解决方案分为集团中心云、矿山边缘云解决方案。

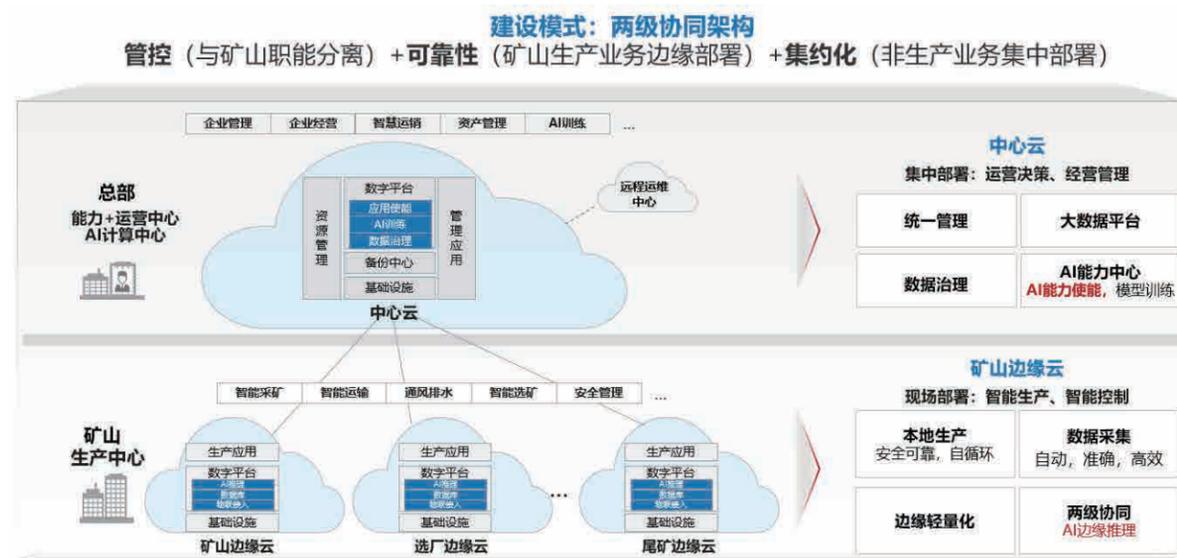


图6：云平台逻辑架构

集团中心云对相关的基础设施、云平台服务等进行统一规划、统一建设，提供一站式数据中心服务，构建“统一、敏捷、高效、安全可靠、节能”的数据中心云平台。集团中心云建设统一的云化资源池，包含云资源池服务器、存储、网络设施等相关核心硬件，将物理资源转化为虚拟资源池，可以轻松、动态的调度各类资源，实现资源集约化建设。集团中心云提供强大的算力，作为AI能力中心、运营中心，承载集团生产和安全监管、全局态势及应急指挥、智能运销、办公管理、AI训练等业务，支撑集团经营管理、运营决策。

矿山边缘云强化生产单位的边缘数据中心计算能力，在生产单位边缘数据中心部署边缘云平台，与集团中心云组成云边协同架构，算法、应用在线更新，现场数据实时回传，为边缘数据中心提供低时延、高可靠、强安全边缘计算服务，支持现场生产的智能化升级。矿山边缘云集计算、AI、存储、网络、视频、电源为一体，集成物联网、数据集成、数据治理、人工智能、应用使能的一体化平台，沉淀企业数字资产，为“资产数字化，到数字资产化”转型打下基础，加速矿山智能化和数字化转型。

### 数字化解决方案价值

云平台实现一云多域管理，基于云计算、大数据、云原生等新ICT技术，建设计算、存储、网络资源池，提升资源的弹性扩展和服务能力，提供统一、标准的云基础设施和数字平台服务，实现用户视角一朵云，新上线应用按需申请资源。云基础设施给客户带来如下价值：

#### 持续演进的能力底座

提供持续更新和演进的云服务，满足企业业务不断发展变化、业务应用不断迭代的客观需求，提供按需供给、据实结算的云资源服务。

#### 数据一致访问和协同

云化的方式提供大数据服务，通过构建统一数据湖，打破数据孤岛，解决数据的流通问题，实现数据的共享和协同，以数据价值来驱动业务创新。

#### 数据应用全生命周期治理

建立自有的数字化资产中心，持续挖掘数据价值，通过平台承载数字化资产治理能力。

#### 企业级云原生平台

构建全栈融合支持能力的云原生平台，实现传统应用与云原生应用的一体化开发部署和大规模混合部署与运维支持，提高企业关键业务应用的迭代速度实现DevOps，并全面赋能业务实现创新，以更好地应对市场的快速变化及不确定性。

#### 多云统一管理能力

对企业IT的遗留系统、私有云和公有云等复杂环境实现统一管理，通过对混合云资源的精细化管理（按组织部门管理的配额控制、消费监控、统一计量）提升运营和运维效率，使IT人员专注业务价值服务。

## 4 金属矿山数字平台

### 业务需求

金属矿山在数字化建设过程中,面临现有系统分散建设,形成了一个烟囱系统问题,各个系统重复建设大量的组件、模型,无法在系统间复用,导致重复投资。从不同部门和用户使用的灵活性和便利性出发,对系统的灵活性和快速开发上线有很高的要求。因此基于工业互联网架构的数字平台是智能矿山建设的重要组成部分,数字平台是智能矿山解决方案的核心:通过融合新ICT技术,包括大数据、物联网、人工智能等平台能力,并将平台能力封装成各类服务,为业务应用提供共性平台能力的支撑,将各类智能应用从平台重复建设和繁复对接中解脱出来,聚焦在业务实现。

### 数字化解决方案



图7: 数字平台架构

数字平台包括工业物联平台、应用使能平台、数据使能平台、AI使能平台等。

#### (1) 工业物联平台

矿山IoT平台可以实现矿山各业务系统物联数据的采集、分析、建模、存储、数据开放。IoT平台采用云-边-端协同的架构,满足多级部署的要求,可采用级联部署方式,既在边缘数据中心部署了IoT平台满足本地高实时性要求,同时在矿部也部署了IoT平台的业务节点,满足其余二级单位对OT数据处理的要求。

#### (2) 应用使能平台

全栈式的应用使能平台聚焦应用和数据连接,适配多种企业常见的使用场景,提供服务集成、

消息集成、数据集成等全连接,支撑应用、数据、服务、资源等的协同,以达到企业的内部互通、内外互通、多云互通。

#### (3) 数据使能平台

数据使能平台包含数据接入、数据治理、数据开发、数据可视化等功能。数据使能平台提供数据的采、存、管、算、用端到端的能力,支撑矿山数据的统一汇聚,持续提升数据质量,面向各业务应用统一提供数据支撑,并深度挖掘数据价值,助力智能矿山建设。

#### (4) AI使能平台

基于云的AI使能平台采用当前最先进的设计理念,即“云-边-端”三位一体化信息服务的架构,云端主要对数据和模型进行管理、训练、测试和监测引擎升级,边缘计算提供快速、高效、精准的实时推理响应,承担大量的数据处理及计算功能,端是指终端采集设备,如摄像机等视频采集设备。智能矿山的核心是AI替代矿工从事危险工作、沉淀专家经验,将矿山场景转化成AI算法模型,以智能控制实现对人的替代和整系统智能化,矿山AI大模型可以降低AI开发门槛,推动AI应用开发从“作坊式”到“工厂式”升级,降低开发门槛。

### 数字化解决方案价值

数字平台为矿山提供一套工业标准、数据集成和应用开发的环境及工具,支持以各种应用场景为牵引,实现端对端的数据采集、建模、管理、分析和优化运行,支持各类应用APP快速、高质量的开发、测试和部署。工业物联平台实现海量接入,百万点位并发实时写入,海量OT数据实时处理,海量实时入湖,实时分析。应用使能平台实现南北向统一数据集成。数据使能平台实现一站式数据治理,沉淀数据资产,开放共享数据,使能业务协同,实现OT/IT数据融合,消除数据孤岛。AI使能平台实现中心训练,边缘推理,助力矿山行业智能化升级。

## 5 金属矿山网络与信息安全

### 业务需求

2020年12月,我国主导的国际标准IECPAS63325《工业自动化控制系统功能安全和信息安全一体化生命周期要求》正式发布,首次明确提出深度融合功能安全和信息安全的理念,并从全生命周期的角度提出协同要求。

应对网络安全风险,国家出台安全法规,强制要求等保合规。国家《网络安全法》明确,所有国企

业务必须要做等保，满足合规的要求，提高业务防护能力，对一把手有考核。等级保护2.0要求已经成为智能矿山的基本要求。依据网络安全法、等保等国家及行业相关标准、规范和最佳实践，进行网络安全建设，矿山需要达到符合等保2.0基本安全要求，能够抵御黑客、病毒、恶意代码对网络与应用系统的破坏和攻击，阻止内部人员的非法访问，抵御外部攻击，在遭受攻击和破坏后能及时恢复系统的能力，提高关键业务数据的可用性、机密性、完整性。

**数字化解决方案**

打造“坚固、动态、可靠、响应迅速”的网络安全防护体系，从全局视角对矿山网络与信息安全（以下简称网信安全）进行防护规划，实现从传统静态分散防护向动态防护转变，夯实“攻不破、打不垮、拿不走、毁不掉、可恢复”的安全防护基础。

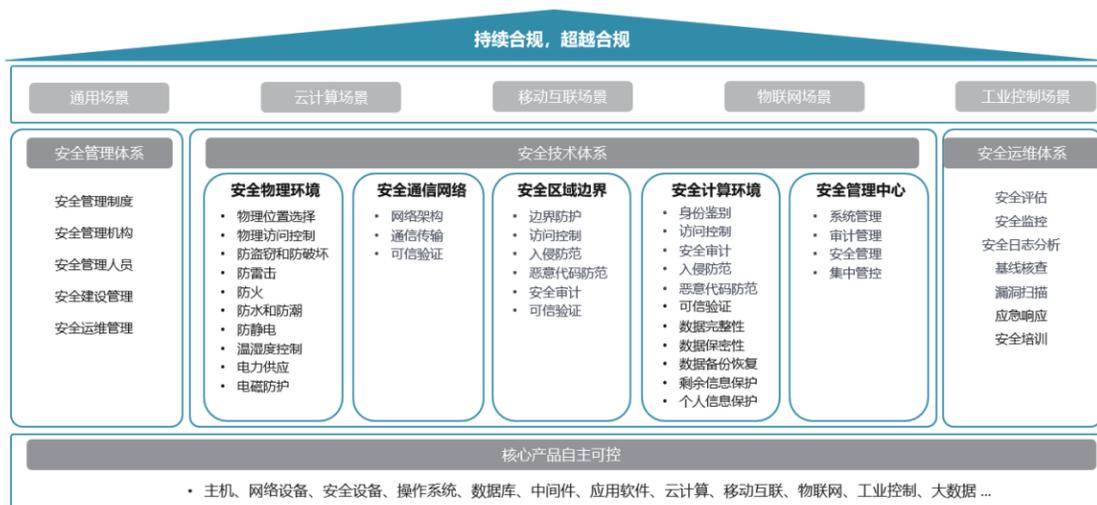


图8: 网络与信息安全架构

强化网信安全需要完善网信安全管理体系，规范安全技术体系，形成动态、高效的安全运维运营体系，并且通过核心产品自主可控建设网络与信息安全基础。

**(1) 网络与信息安全管理体系**

完善网络安全组织架构和制度体系，制定安全战略和规划，建设安全组织，制定安全管理制度和流程规范，包括人员安全管理制度、系统安全管理制度、安全运维管理规范、安全运维管理流程等，实现矿山网络安全管理工作的制度化、规范化、协同化，对信息全生命周期进行规范管理。

**(2) 网络与信息安全技术体系**

做好应用安全、数据安全、云平台安全、网络安全、终端安全、物理安全，构建多层次、立体化的网信安全技术体系，由被动防护向事前预防、事中响应，事后审计转变，满足开放化、平台化、场景化、云服务化的安全需求。

**(3) 网络与信息安全运营体系**

网络信息安全运营是构建矿山信息安全总体能力的关键核心。运营体系需要在管理体系框架指导下，通过网信安全组织、安全工具相结合，对于安全事件要做到提前发现，快速响应，主动应对，复盘总结。一是建设覆盖全矿山的网络安全态势感知平台，实现对矿山全天候、全方位的态势感知和预警。二是建立矿山网信安全运营体系，形成从“风险预警→安全防护→实时监测→响应处置→赋能提升”几个阶段的安全运营体系，提供运行生命周期的安全保障。

# 6 金属矿山信息系统运维体系

**业务需求**

随着矿山智能化建设的全面推进，建立基于工业互联网的矿山企业信息化系统运维体系将是保障矿山智能化顺利落地和持续运营的重要举措。

**数字化解决方案**

矿山企业信息化系统运维体系的总体目标是全面支撑矿山企业信息化系统基础设施和各智能业务应用系统。矿山企业信息化系统运维体系包括矿山企业运维组织、运维流程、运维管理平台、运维体系四部分内容。



图9: 信息系统运维体系

(1) 运维组织

参考信息化成熟度相对较高行业实践,建议矿山企业运维组织设置一线、二线、三线阶梯型运维支撑团队。一线职责,聚焦提供服务台职能,主动监控、自动化巡检、故障初步处理及机房管理工作;二线职责,聚焦提供对矿山企业信息化系统的事件处理、问题处理、变更管理、配置管理、应急管理等运维工作,同时对一线提供支持;三线职责,聚焦提供运维资源的补充,矿山企业信息化系统中相关技术领域的专业技术现场支撑。一线、二线支持团队由矿山企业自有人力资源组建,三线支持资源通过外部人力资源获取。

(2) 运维流程

建议矿山企业基于自身信息化建设节奏,聚焦:服务台、监控管理、自动巡检、机房进出管理、事件管理、问题管理、变更管理、配置管理、应急管理等流程进行建设和落地。

(3) 运维管理平台

建议矿山企业在各技术领域不同厂商的专业网管系统的上层构建统一运维平台;集团运维管理平台与所属矿山企业运维管理平台可以构建两层运维平台架构。

(4) 运维体系

第一阶段,构建基础设施自动化巡检和统一监控能力,期间可以借助厂商或服务提供商以及院校专家快速构建该能力,从而由响应式被动运维转向主动运维,并提升效率。

第二阶段,部署智能业务软件主动监控和配置管理能力,并基于智能化业务应用的建设节奏和进度补充软件和数字平台运维人力资源,期间可以借助厂商或服务提供商以及院校专家快速构建该能力。

第三阶段,启动运维体系中事件管理、变更管理、配置管理等流程,设置相应流程责任人、流程环节中相应角色,在运维平台上进行流程的电子化落地,实现运维的数字化转型。

# (五) 基于工业互联网架构的金属矿山数字化应用

# 1 金属矿山综合管控平台

业务需求

智能矿山建设要求是在生产过程中普遍采用智能化技术,所有智能化系统实现联网协作,生产经营数据实现广泛采集,数据通过智能决策系统得到充分利用。当前矿山信息化建设有一定的基础,但大多数属于单系统单业务应用模式,在数字化、智能化建设方面相对比较落后,和智能矿山建设要求与目标差距较远。主要存在如下问题:

- (1) 业务系统烟囱式建设,业务系统之间无法协同,系统缺乏联动。
- (2) 各个设备、系统的数据相互分隔,互联互通不足。
- (3) 数据价值缺少充分挖掘和有效应用。

数字化解决方案

智能综合管控平台的建设是以打造全面、及时、准确的数据收集与共享能力为基础,服务于矿山日常生产、经营、管理业务的需求,并通过相关业务数据的分析,提供相应的量化指标,服务于矿山管理层的科学指挥与精准决策,全面提升矿山生产组织和指挥决策的能力。

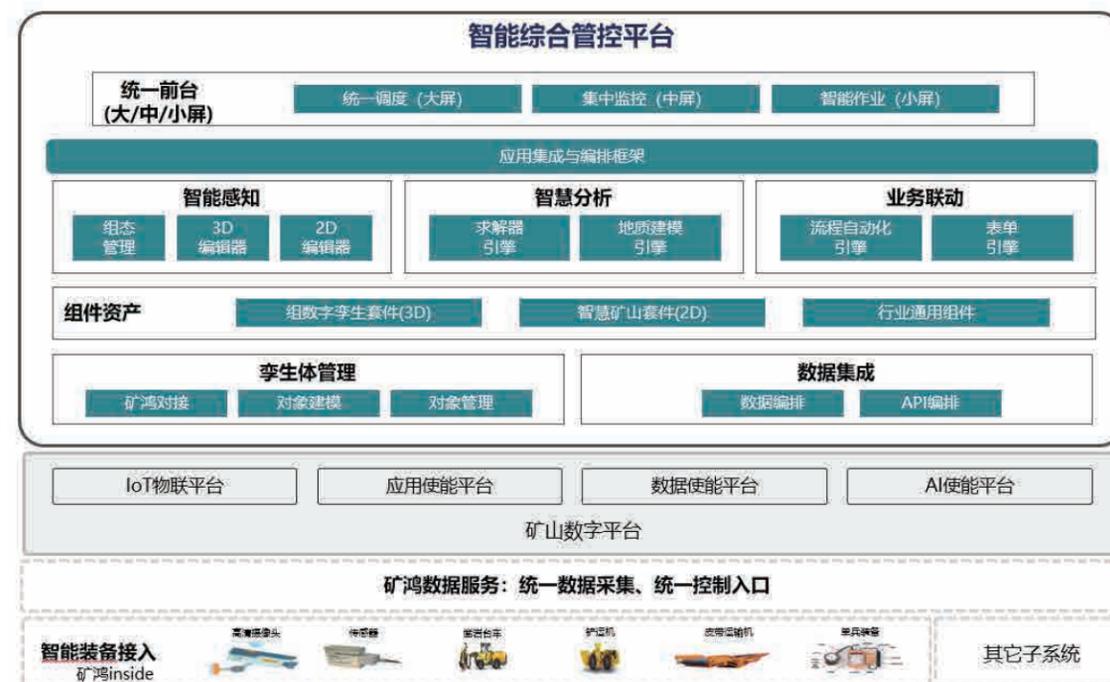


图10:智能综合管控平台

综合集成与管控一体化系统实现地质资源数据、生产数据、井巷工程实测模型、采矿设计模型、生产计划模型的联动,集中展示和联动处理各类子系统数据,统筹安排各类生产要素和资源分配,动态调节装备作业计划和调度决策。

矿山大数据分析处理中心基于采矿生产作业数据、选矿作业数据、运输数据、销售数据等端到端数据,将不同阶段的数据进行联动呈现,关联分析,支持采矿、选矿、运输、销售等各专业部门的业务决策。基于二三维地理信息平台建立数字孪生矿山,将全矿融合接入的安全、生产监测监控、综合自动化等业务数据,及决策分析结果进行综合展示和空间联动控制,实现对矿山整体运行状态的协同化控制。

智慧矿山决策支持系统通过对生产数据的智能分析,全面掌握当前企业的发展状况,并通过对关键指标设定适当阈值,使系统能快速察觉企业运作中的不足,在企业运营状况综合评价的基础上,实现对阶段性生产过程的状态、成本、效益以及年度整体生产情况等智能分析与决策。

金属矿山应用中台提供敏捷应用集成框架、应用资产库、组件资产库、数据服务编排等功能,通过拖拉拽能快速创建智能化应用,实现“感知-分析-决策-执行”的功能闭环,同时还可以通过零码化开发平台,快速便利构建数字孪生综合管控平台。

### 数字化解决方案价值

为矿山构建统一的综合管控应用平台,全面展示和挖掘矿山数据价值,为各级管理人员提供真实、准确、及时、有效的生产经营数据支持。

基于文字、图形图表、视频、数字孪生模型等多种形式展示矿山生产、经营、安全、环保、设备等各类重点实时监测及日常管理业务数据,直观展示产运销各环节及主要设备的实时运行情况,实现矿山业务指标、运营状态、监测预警及视频监控等主题的分析与展示,形成综合态势分析、指标专题分析、视频监控一张图等模块应用,打造矿山综合驾驶舱,实现企业生产经营管理的信息化、可视化,为决策者提供分析辅助,助力企业合规稳健经营,夯实企业核心竞争力。

以矿山生产管理核心流程为主线,建设统一的生产调度中心,形成高效的闭环管理机制。聚集“多部门协同”和“多层级管控”,构建高效协同的调度机制,实现纵横协同、高效联动、随需而应,实现一网协同调度。

## 2 矿山地质资源数字化

### 业务需求

矿产地质资源是矿山企业生存和发展的根本,地质资源的种类和数量决定了矿山的产品的、规模和服务年限,其形态和质量则决定了矿山的生产工艺和技术经济指标,从而直接对企业的生产成本和经济效益产生影响。

矿床模型的建立更新不仅需要大量的勘探信息,同时随着生产的推进,所产生的大量生产勘探信息也需要录入并存储于地质数据库,在此基础上对矿床模型进行加工处理和实时更新,这一过程数据量大,过程繁琐,容易出现错误,造成矿床模型不准确,在矿山的储量管理和生产规划中达不到应有的效果。

在这种形势下,利用先进信息技术,通过搭建多元化的地质资源信息集成平台,实现地质资源信息采集数字化、加工处理数字化、储量管理与应用数字化,并使地质资源信息,在自产生到服务的整个周期内,实现实时共享和无缝转换,是矿山地质资源信息管理的必然选择。

### 数字化解决方案

通过定义数据存储标准和数据转换规则,对不同数据库进行标准化设计,搭建多元化地质资源信息集成平台,为生产组织提供实时、准确、一致性的地质资源信息,实现矿山现有地质资源信息的数字化存储与服务。改进地质资源和生产测量数据管理,建立统一的标准化数据接口,为矿山数据的全面采集创造条件。利用先进的信息技术,实现地质资源基础信息采集、信息处理与信息应用全过程的数字化,完成地质资源信息自产生到服务期间内实现实时共享和无缝转换。这一核心内容通过下述功能体系来实现:

- 建立地测信息数字化实时采集系统,实现地质资源信息入口的数字化;
- 建立三维可视化矿床模型,并进行地质资源数字化处理,实现地质资源信息加工的数字化;
- 基于网络的储量管理优化,实现地质资源信息应用的数字化;
- 储量信息的在线更新、发布与服务,实现地质资源信息出口的数字化。

完善的矿山地质资源管理平台,包括以下几个重要功能:

#### (1) 地质模型管理

地质模型管理主要功能包括:第一,建立地质工程(勘探孔)数据库,并在此基础上建立三维矿体模型、岩性模型、难磨矿分布模型、金属分布模型和构造模型;第二,随着矿山生产地质工作的进展,结合多种金属元素进行矿体的二次圈定,利用矿体模型创建块段模型,运用地质统计学估值方法对块段模型进行估值,完成品位模型的创建;第三,对各种地质数据综合呈现,对矿体空间进行数字化展示,可以进行储量计算、生成动态储量报告,生成各种地质图件,服务于生产及后期探采工作。

随着矿山建设不断更新地理数据,矿山数字模型需要不断更新,传统技术操作更新周期长,费用支出高,通过无人机测绘系统可低成本及时实现矿山数字模型更新。

### (2) 测量验收管理

测量验收管理主要功能包括:第一,用全站仪、卫星测量仪、雷达遥感测量仪和无人机航测等设备测量的露天采场现状数据,构建DTM三维采场现状模型;第二,根据验收周期内测量验收数据,导入矿体二次圈定品位化验数据及矿岩界线,快速计算采矿量、矿石平均品位、剥岩量及剥采比等;第三,集成三维激光扫描或者倾斜摄影测量功能,快速建立表面三维模型,进行工程量计算,通过任意两个面或面与实体的布尔运算,精确计算其封闭的体积和表面积,计算排土场体积、填挖方工程量等。

### (3) 矿产资源管理

矿产资源管理主要功能包括:以矿业权、矿产资源管理为中心,管理地质探勘、矿山设计、生产探勘、矿山开采等阶段中的矿产资源储量、储量级别、二级矿量(备采、开拓)、采出矿量、三率变化情况,提供可视化信息管理服务,实现矿山对矿产资源全过程的精细化管理。

### 数字化解决方案价值

地质资源数字化管理系统,可实现快速准确地获取地质资源信息并进行数字化、可视化处理,同时实时把握地质资源的消耗速度与更新状况,使地质资源信息在地质、测量、采矿等业务之间实现集成共享和实时交互,支持矿山企业科学制定矿山开采规划、合理安排矿山生产、保证生产可持续性。

## 3 采矿生产系统数字化

### 3.1 采矿智能设计

#### 业务需求

采矿智能设计是在保障精矿产量的同时提升采矿效率的重要步骤。基于三维数字化地质模型和矿产资源管理,通过参数设置完成露天、井下采掘路径设计,根据设计参数计算工程量,生成设计模型。对于露天开采实现矿山开采中长期计划、短期计划、露天爆破设计,对于地下开采实现采准、切割、回采设计和地下爆破设计。

#### 数字化解决方案

(1) 利用三维采矿设计软件,集成多类型设计模块,通过不同的参数设置,完成多类型采矿设计内容。

(2) 建立设计软件系统,集成设计、绘图、计算、数据库、图表、文件编制等功能于一体,实现采矿设计综合化、自动化和智能化。

采矿设计数字化采用专业化软件建立3D地质资源数字化模型,通过专业矿业设计软件,将矿产资源地质模型、境界优化设计、开采设计、生产计划编制以及爆破设计等工作流程在三维系统中进行数字化映射,建立数字化采矿系统,采矿各工艺环节数据及时准确融合,从而使采矿计划更高效地指导矿山生产作业,日常采矿计划设计无缝发给生产调度系统,指导生产作业。

### 数字化解决方案价值

在保障生产的同时提升了采矿效率,使采矿设计编制快速、精准、现场执行率较高。

### 3.2 穿孔作业智能化

#### 业务需求

矿山生产中穿孔爆破工序是所有环节的基础,穿孔爆破质量直接影响到后续作业的效率。为提高对爆破设计实施的精准性,在穿孔作业过程中,需要穿孔设备对爆破孔位的精准导航,同时基于炮孔精准导航,实时收集穿孔进度、工程量及地质岩层识别等信息,从而实现对矿山生产的指导。

### 数字化解决方案

#### (1) 钻机自动布孔系统

将钻孔坐标通过无线终端传输到自动钻孔系统,钻孔系统转换成自动布孔终端可以识别的地图模式,并将地图发送至钻机自动布孔终端,使穿孔设备能够自动寻点穿孔作业;同时穿孔设备搭载数据采集终端,在穿孔作业过程中,穿孔数据采集终端可实时采集钻孔深度、角度、数量等数据,回传至生产管控平台。通过钻机自动布孔、钻机自动导航、深度自动检测,实现布孔更加精确、提高对孔速度、爆破效果更佳、安全性更高等效果。

#### (2) 牙轮钻机远程操控系统

牙轮钻机远程操控系统由车载控制端和远程操作端组成。车载控制端主要包含GPS高精度定位模块、车载工控机、车载ECU控制模块、环境感知及作业传感器模块、5G工业CPE、视频监控模块等。远程操作端包括显示器、电脑主机及多功能遥控座椅,显示器分别显示设备运行状态参数和驾驶员角度及作业机构角度的视频界面,远程遥控座椅分别控制设备启停、行走及作业等操作,实现驾驶员在驾驶室的操作需求。

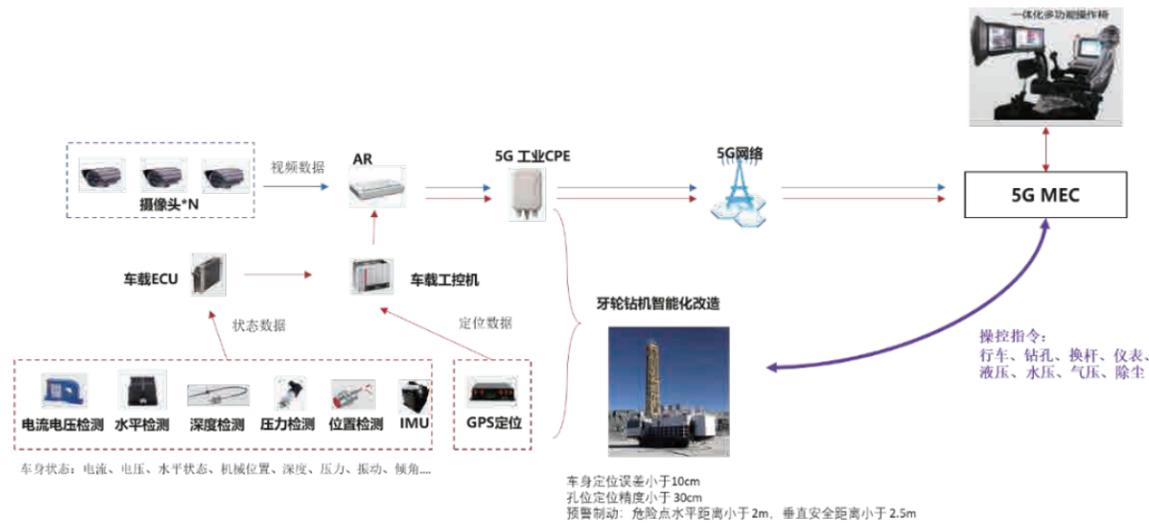


图11:牙轮钻机远程操控系统

### (3) 凿岩台车远程操控系统

凿岩台车远程操控系统由车载控制端和远程操作端组成。车载控制端主要包含电磁阀驱动智能控制中心、车载ECU控制模块、环境感知及压力、流量、温度、液位等传感器模块、5G工业CPE、视频监控模块、位姿定位装置(惯导+激光雷达+超声波传感器)等。远程操作端包括显示器、电脑主机及多功能遥控座椅,显示器分别显示设备运行状态参数和驾驶员角度及作业机构角度的视频界面,远程遥控座椅分别控制凿岩台车启停、行走及作业等操作,实现驾驶员在驾驶室的操作需求。

#### 数字化解决方案价值

露天矿钻机自动布孔系统实现了钻孔作业过程的实时把控、爆破流程的精细化控制和安全生产管理。可提高布孔精确度,并能减少人员及物资投入,提高生产效率,降低生产能耗,增强作业安全性。牙轮钻机远程操控系统可以实现一个人操纵多台设备,减少现场作业人员,通过自动化作业后,作业更加平稳,调度安排上可以更加高效,同时改善了工作环境,也大幅提高生产效率。

### 3.3 铲装运输智能化

#### 业务需求

铲装作业在矿山生产作业中是较为重要的环节,作业期间需要对矿岩界限、铲装精确定位、底板标高的控制、供配矿进度等信息实现实时掌握,对铲装作业数字化水平提出了更高的要求。

矿山开采过程中,运输环节是决定矿山安全、经济、节能、低碳、绿色等属性的重要因素之一。目前,一些露天矿山企业存在着驾驶员短缺以及劳动力成本较高的情况。同时矿用卡车驾驶人员在现场驾驶过程中容易受到路况、车况、气候等客观环境影响,对工作状态带来一定干扰,容易形成安全事故隐患。

### 数字化解决方案

#### (1) 电铲远程控制系统

电铲智能化作业系统主要包含电铲端与遥控端两部分。电铲端主要包含工控机、PLC等计算单元,以及IMU、RTK、摄像头等传感器。其中,IMU用来检测设备机体倾角与震动加速度,RTK用来实现机身的高精定位与朝向角定向。遥控端主要包括工控机、显示器、遥控座椅与网关。遥控座椅按照电铲座椅仿制,其手柄、按钮等数据接入工控机。

遥控端与电铲端的工控机都通过5G网络接入5G超融合边缘计算平台,5G超融合边缘计算平台用于承载自动化采矿系统,系统可按照约定协议接入矿山已有的信息化系统,接收信息化系统发布的工作任务,并上报遥控端的操作数据及设备端的多种信息。各种信息自动存入数据库,形成完整的信息记录。一个遥控端可对多个电铲端进行遥控操作,另外遥控端可向所有电铲发送急停指令,供紧急情况下的全部电铲急停。

#### (2) 有轨运输远程控制系统

电机车远程操控系统包括5G网络、远程操作台、调度管理系统、装矿站协同控制系统、溜井视频监控系统和环境感知系统等。远程操作台遥控放矿操作台与遥控电机车操作台,装于地表控制中心,每套遥控操作台设置一套操作装置,实现远程控制中心的远程遥控放矿、自动运行监视和自动卸矿监视。

基于5G技术,为电机车运输提供数字化派配矿、远程装矿、自动调度、自动行驶、自动卸矿等功能,实现了电机车运输现场无人、地面远程遥控的新型生产作业方式。

#### (3) 矿卡自动驾驶系统

无人驾驶矿车配置高可靠5G网络、激光雷达、毫米波雷达、RTK、IMU、视频传感器,具备自动驾驶、远程驾驶和现场驾驶三种模式。通过自动驾驶控制单元,可基于多传感器的复杂周边环境感知融合算法和车辆智能决策,实现矿场景下矿车的自主决策规划、自主路径规划和精准控制。通过自动驾驶鲁棒控制算法及多重安全冗余设计,可应对矿区粉尘、雨雪雾、剧烈震动和极端低温等恶劣工况的使用需求,保障了矿车在矿山复杂路面的长时间正常工作。

#### (4) 铲运机无人驾驶系统

无人驾驶铲运机配置高可靠5G网络、激光雷达、毫米波雷达、RTK、IMU、视频传感器,具备自动驾驶、远程驾驶和现场驾驶三种模式。通过自动驾驶控制单元,可基于多传感器的复杂周边环境感知融合算法和车辆智能决策,实现铲运机的自主决策规划、自主路径规划和精准控制。铲运机无人驾驶系统通过布置在地表控制室的远程驾驶舱,依托5G或高性能的WIFI网络,实现对井下铲运机的自主控制。

(5) 车、铲协同作业系统

通过对矿车车辆状态信息、电铲和挖掘机状态信息实时同步,可实现车、铲协同作业。基于采掘设备和矿卡信息的时间匹配、空间匹配,建立统一的时间空间坐标系,实现状态信息时间、空间维度对准,通过动态目标数据关联机制,完成目标车辆准确信息感知,提高车车、车路、车铲交互协调能力,提升矿区智能化、网联化、无人化,为无人智能采运作业在矿山场景的高效应用提供技术保障。

数字化解决方案价值

铲装运输智能化系统将现场电铲司机、矿卡司机、放矿工、电机车司机的工作位置由矿山现场移动到地面,并将多工种合并一人操作,最大限度地减少现场操作人员,提高生产组织效率,提高本质安全水平、提升职业健康水平、避免职业病的发生。同时,提高电铲、电机车、矿卡等主要生产设备的台时效率、作业率、提高生产组织效率,保证安全高效完成生产任务。

3.4 智能调度和配矿

业务需求

矿山钻孔设备、铲装设备、运输设备等生产装备数量多,状态变化快,生产调度难度大,当前矿山普遍存在调度混乱和效率低下等问题。另外配矿主要依赖人工经验,存在矿石品味波动大、低品味矿石利用率低等问题。

数字化解决方案

智能调度系统接入和管理矿区全部的矿卡、采掘设备、钻孔设备、辅助设备等网联化设备,基于无人机采集的矿山影像数据生成二维或三维高精地图,直观显示当前接入系统的各设备的实时位置与车头朝向、车身状态、工作状态、任务进度、设备报警等数据。智能调度系统能够对接上层生产管理系统,根据生产计划配置矿卡作业路线、设备编队和运输任务,并实时下发至矿卡自动执行,保障矿山生产任务的高效开展。



图12: 矿山智能生产调度系统

智能调度系统主要功能包括:

**定铲派车:**电铲、挖机装载能力自动采集,全自动实时调度,根据距离、电铲产量进行定铲派车优化;

**车铲协同:**车辆按照电铲位置和朝向进行自动定位,实现更加精准的无人化采矿;

**智能配矿:**根据配矿配位要求进行智能化计算,监控每天各类装备的采掘任务执行情况并动态调整;

**降低油耗和轮胎损耗:**根据当前车辆分布情况计算最佳调度方式和最少运行距离,并根据车速和上下坡等情况对车辆的油门和制动进行动态调整,实现车速精确控制,减少轮胎磨损、节约油耗等;

**防止管理漏洞:**杜绝作弊和消极怠工现象,杜绝串铲、超速等管理漏洞;

**数据查询和分析:**根据历史轨迹回放,追溯事件来龙去脉;智能化统计报表。

智能配矿系统依据路网及属性、最短路径、产量最大等原则,根据铲车的装车能力、卡车的运输能力以及实时监控情况等,动态指派卡车的装矿位置和卸矿位置,从而实现生产智能化调度。智能配矿流程如下:

- a. 利用炮孔坐标及岩粉样化验信息生成爆堆品位信息,用于配矿;
- b. 配矿系统根据矿石质量要求、车铲工作能力和爆堆品质情况,基于算法自动配矿;
- c. 配矿系统将配矿生成的生产任务下发矿卡中控系统,由中控系统发送指令至车端。
- d. 当破碎后的矿石质量出现异常时,数字采矿软件平台启用调整配矿功能。

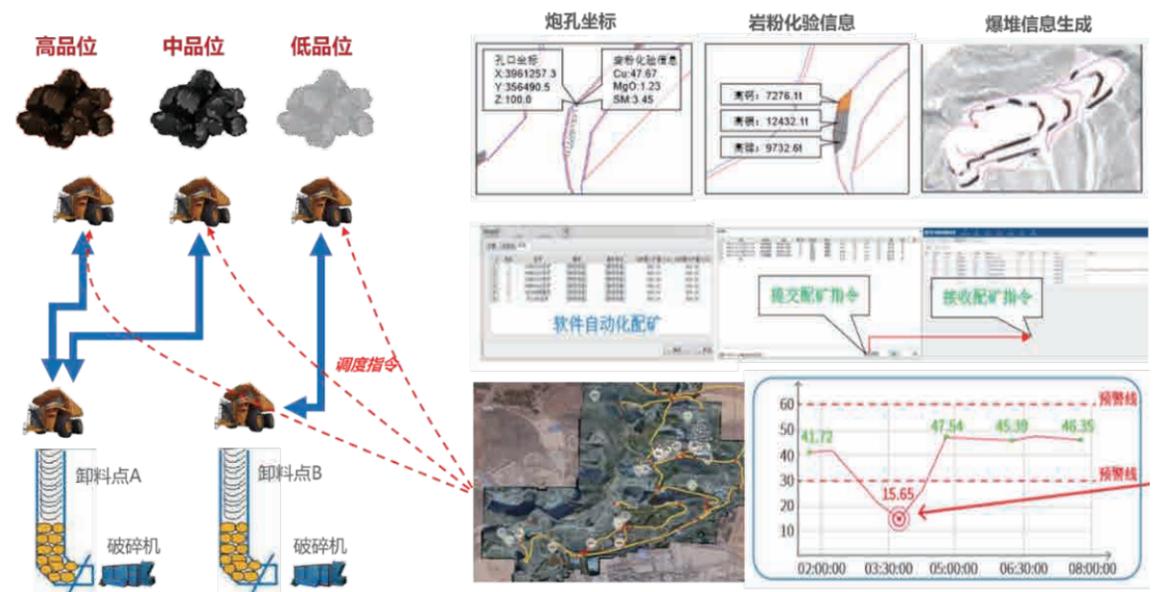


图13: 智能配矿系统

### 数字化解决方案价值

智能调度系统对采装设备、运输设备等矿山设备场进行实时监控和优化调度，实现矿山采矿、运输和配矿最优化。

通过精细化智能配矿，合理搭配不同品位矿石，提高入堆矿石合格率，减少资源浪费，提高矿山开采年限。

### 3.5排土场智能化

#### 业务需求

排土场是由露天开采时剥离覆盖的表层土和岩石组成的巨型人工松散堆积体，其易形成滑坡、泥石流等矿山地质灾害。由于排土场灾害监测工程经费需求较大，监测作业难度大，监测只在局部地段开展，未能开展广泛、大范围、动态稳定性监测，更加没有将监测结果与排土场作业密切结合，综合分析排土场稳定状态与排土作业关系。

另外，排土场安全管理与排土场稳定性分析工作都是独立进行，相关信息相对分散，这样对排土场安全缺乏有效的主动性管理、监控和治理，不能够及时发现安全隐患。为了保证排土场边坡稳定及作业安全，需要制定高效、实用、易操作的监测和监控方案和措施，并且能够将排土场灾害预测、监测、预警、应急管理等功能整合在一起，成为了排土场生产安全的共性需求。

#### 数字化解决方案

(1) 建设排土场在线监测系统，主要由监测站、无线通讯网络、服务器、局域网和远程监控中心五部分组成。把汇聚的信息以自定义的数据格式发送到远程监控中心，远程监控中心对收到的信息进行处理，从而实现对排土场边坡变形情况进行准确的预警预报。

(2) 集合测量技术、计算机监控技术、无线通讯技术等，构建一套排土场监管系统，综合分析排土场稳定性状态与车辆在排土作业过程中危险因素，对排土场灾害与车辆作业安全进行预警预报。

#### 数字化解决方案价值

为排土场安全管理所涉及到的采矿、地测、设备等多个专业，提供相关数据和信息，实现排土场安全性的主动性管理、监控和治理。有效提高边坡工程的可靠性和安全性、边坡管理效率和水平、边坡灾害解决和生产恢复速度，从而保障矿山生产安全。

## 4 选矿生产智能控制

选矿生产是一个复杂的动态连续生产过程，选矿工艺主要可分为：破碎筛分、磨矿分级、选别过滤。选矿工艺经过多年的发展，自动化程度较高，但因其具有多变量、非线性、强耦合、长时滞等特性，选矿生产当前还存在着难碎难磨矿增多、矿性波动较大、工艺参数调整依赖人工经验、生产指标波动大、各业务系统无法有效协同控制等问题。

### 4.1破碎筛分智能化

#### 业务需求

矿石破碎筛分生产流程长、设备多、任务重，故障点多，上下游设备关联性高，流程前后耦合，故障响应不及时，存在设备生产安全风险和人员安全风险。依赖人工控制实现给料平衡和负荷控制，无法达到效率和质量最优。

破碎筛分作业智能化需要生产数据实时监测、设备运行状态实时监测、故障预测预警及远程生产操作，并与采矿供矿、磨矿分级作业形成联锁，优化供配矿作业，降低设备及人员事故率，实现供矿平衡，给矿粒度分布均匀，皮带运输事故率低，提升碎矿系统设备安全和运行稳定性的同时达到碎矿效率和质量最优。

#### 数字化解决方案

碎矿筛分智能控制系统通过各类监测监控设备和信息采集设备对破碎设备、矿石参数进行信息采集，经过计算机应用系统对数据的分析处理，达到监控合一、智能识别和处理故障。

碎矿筛分智能控制系统根据料仓的高度和设备状况，自动指挥卸矿，提高供矿效率，并应用矿石图像分析仪对破碎产品进行实时监测，根据测量结果实时调整排矿口大小，并与采矿场供矿进行联锁控制，实现自动供矿调整与指导爆破优化，保证设备安全及工艺指标稳定；破碎机排矿口尺寸与磨矿系统建立联锁，结合两个生产环节的处理能力及设备的运行状态与采矿供矿、磨矿等相关参数合理调整排矿口尺寸，实现多碎少磨，降低作业成本，优化碎矿流程。

碎矿筛分智能控制系统三维可视化呈现碎矿筛分环节整体运行状况，实现碎矿工段的运输胶带、布料、筛分、圆锥各系统的状态集中监控和优化控制。通过破碎全流程状态和视频监测、基于矿石块度图像分析等技术实现故障报警，实现破碎过程的智能化操作，降低破碎设备停车故障，提高破碎运行效率。

在碎矿筛分环节对原矿矿石中金属含量的在线监测，检测数据用于指导采矿配矿和选矿生产

流程中，粗碎、中碎、细碎的产能平衡和集中控制。

### 数字化解决方案价值

通过可视化及数字化的控制实现碎矿主要生产数据和设备运行状态采集与智能联控、故障预测预警和集中控制，提高破碎效率、优化碎磨负荷，提升碎矿系统设备安全和运行稳定性，实现破碎过程的智能化。

#### 4.2磨矿分级智能化

##### 业务需求

矿石性质多变，难碎难磨矿增多，磨矿操作依赖人工控制，生产过程影响因素众多，磨矿产品质量波动较大。磨矿分级过程设备数量多，流量计、粒度仪等校验手段有限，受现场条件限制误差较大，校准难度大，难以满足自动控制精度要求。

需要结合矿石块度图像分析、磨机负荷和分级粒度检测技术、磨机衬板磨损在线检测技术等，建立磨矿分级专家控制系统，实现磨矿分级的智能操作和分级粒度的闭环控制，稳定磨矿分级产品粒度、浓度技术指标。

##### 数字化解决方案

磨矿专家系统实现磨矿系统的给料、介质添加、给水、旋流器分级控制、浮选指标反馈控制等环节的智能控制。结合矿石块度图像分析、磨机负荷和分级粒度检测技术、磨机衬板磨损在线检测技术等，建立磨矿分级专家控制系统，实现磨矿分级的智能操作和分级粒度的闭环控制，稳定磨矿分级产品粒度、浓度技术指标。

磨矿分级专家控制系统利用给矿粒度检测系统判断供矿比例，调整块粉比例合理供矿，并反馈给碎矿环节对排矿口尺寸及供矿位置进行调控；应用大数据技术对磨机功率、轴压、顽石返回量、磨音等工作参数综合分析，建立数学模型，通过给水量、给矿量、加球量等多参数的自动调节，实现磨矿浓度自动控制，使磨机工作在最佳负荷，避免“胀肚”事故发生；利用在线粒度仪测量的浓细度为控制反馈，建立磨矿闭环控制系统，同时对多个变量自动调节，控制磨矿产品质量。

##### 数字化解决方案价值

磨矿专家系统方案的主要价值：

- (1) 在来矿性质波动的情况下，进行磨矿系统最终产品指标及各环节作业参数的在线优化，实现各级磨矿环节之间的负荷平衡及能效优化。
- (2) 实现磨矿流程的物料添加、用水添加、介质添加自动化、智能化；
- (3) 通过磨矿最终产品粒度及浓度在线监测及优化控制，提高磨矿回路最终产品粒度、浓度的合格率及稳定性，使产品粒度、浓度指标稳定在更窄更合理的范围，为浮选创造更佳条件；

- (4) 提升磨矿系统平均处理量、设备平均电单耗优化控制。

#### 4.3矿石选别智能化

##### 业务需求

影响选别的指标因素多，选别过程当前主要还是靠人工控制，生产指标依赖当班操作人员经验，每个班组的操作水平不一，生产指标波动比较大，人工操作很难实现多因素优化控制。

需要重点建立工艺指标大数据分析系统，加快工艺流程控制向智能化转变的步伐，建立选别过程多因素智能优化控制，实现进料、给药、PH值、充气量、液位、泡沫视频分析、多金属平衡，从而实现选别作业的智能化控制。

##### 数字化解决方案

选别专家控制系统，实现选别过程多因素智能优化控制，实现进料、给药、PH值、充气量、液位、泡沫视频分析、多金属平衡。建设浮选多因素智能优化控制系统（进料、给药、PH值、充气量、液位、气泡视频分析、多金属平衡）。升级改造基础自动化检测设备和执行机构，更新X荧光品位分析仪、液位计和锥阀控制系统、流量计和风量调节阀，增加PH检测及控制系统。优化药剂添加量自动检测系统，实现药剂添加量自动化并与浮选各作业泡沫分析进行联锁，实时优化加药；实现浮选全流程的风阀自动控制，并加装风流量计，数显进行风量调节，实现全流程的远程集中控制；增设浮选全流程作业品位、浓度、pH在线检测设备，实现作业实时流程分析与大数据统计，利于浮选专家分析系统大数据的累积，可与泡沫分析仪、风量、液位、PH检测、冲洗水添加量等联锁控制，智能化操作。建立浮选作业水质分析、水量及金属数字化平衡控制，实时掌握生产运行状况，便于生产管理，避免金属流失。

面向浮选、磁选、电选等选别生产过程，结合在线品位分析、在线矿浆监测和机器视觉图像分析技术等，建立智能浮选机、智能高梯度磁选机等选别全流程智能协同控制系统，实现选别流程稳定控制和优化控制。稳定选别精矿品位，降低废次，优化提高回收率。

##### 数字化解决方案价值

提高选别系统的稳定性，在保证精矿品位的前提下，降低废次，精准把控金属走向，优化提高有价金属回收率。

# 5 尾矿处理智能化

## 5.1 尾矿浓密智能化

### 业务需求

建立尾矿浓密智能化控制,通过多个在线检测设备的智能联锁实现药剂添加、外排浓度、流量的自动调节,优化控制系统,实现尾矿深锥浓缩及膏体输送系统的高效运行。

### 数字化解决方案

尾矿浓密智能化操作系统,通过来料(浓度、pH值及粒度)、清液层高度、泥层压力、外排浓度及流量、溢流水固含量等在线检测数据与絮凝剂药剂添加量形成智能连锁,达到药剂添加实时优化,提高尾矿膏体外排浓度,实现深锥浓密机的高效运行。

### 数字化解决方案价值

通过深锥浓密智能化操作系统实现药剂成本降低,优化外排浓度,降低回水含杂量,实现深锥浓密机的高效运行。

## 5.2 尾矿库管理智能化

### 业务需求

尾矿坝是一个具有高势能的人造泥石流危险源,随着尾矿库筑坝越来越高,巡检坝体的重点位置越来越多。对坝体、坝面、排水、干滩和相关附属设备等的巡检成了重要的日常工作。目前常规的人工巡检密度已经无法保障坝体的安全,无法及时的掌握坝体的具体情况。

尾矿库在线监测需要建立一整套远程自动化在线安全监测、分析、评价和预报的系统。系统利用动态检测仪器对尾矿库进行实时安全监测,并结合尾矿库与监控中心之间的通信网络、监控中心计算机和查询报表系统构成尾矿库安全监测平台。

### 数字化解决方案

尾矿库安全在线监测系统主要功能包括坝体位移监测、浸润线监测、干滩监测、库水位监测、降雨量监测、库区视频监测和系统监测软件平台等。

尾矿库区域范围大,虽然尾矿库装有在线视频监测系统对尾矿库进行实时监测,但在线监测系统受其性能及安放地理位置的局限性,对于尾矿库库区,还需要辅助以人工定期进行巡视。通过无人机对尾矿库进行全方位巡航监测,可以将巡视结果反馈到调度室,使尾矿库管理人员能够实时获

得并掌握尾矿库库区的情况。

构建尾矿库三维模型,通过三维激光扫描仪及生产数据实时更新尾矿库三维模型,在系统的虚拟现实环境中,可以查看三维仿真模型,具备缩放、旋转、漫游等功能。技术核心是能够通过选择系统的监测设备三维模型,查看该监测点的属性和所有的监测信息,并且能够查看监测演变情况,如监测浸润面上升或下降模拟动态演变过程。

### 数字化解决方案价值

安全态势感知:全面感知尾矿库安全生产运行状态,对感知设备和监控系统的异常状况、人员违法违规行为进行报警。

智能分析研判:对尾矿库进行立体、多维度的风险趋势研判和事故影响分析,智能生成分析报告。

风险综合评估:量化尾矿库风险监测指标,构建风险评估模型,绘制“红、橙、黄、蓝”四级等级安全风险空间分布图。

预警分级管控:自动生成风险预警信息和推送方案,预警信息精准推送,靶向发布。

# 6 矿山安全管理

## 业务需求

矿山作业环境恶劣、人员安全风险高、安全管理压力大,矿山安全管理是为了保障矿山生产安全,防止矿山事故,保护矿山职工人身安全。需要通过智能装备的应用及六大安全系统的建设,构建以全面评估、闭环管理、实时联动、智能预警为特征的主动安全管理保障体系,全面提升人员行为安全、作业环境安全、设备运转安全,提高矿山的本质安全水平。

## 数字化解决方案

在矿山原有安全生产六大系统的基础上,集成GIS、监测监控、物联网等技术,针对人、机、环、管4个要素,从集成化、系统化的角度出发,将人员行为安全、作业环境安全、设备运转安全、安全制度保障等安全生产要素全面集成和智能化提升,形成以全面评估、闭环管理、实时联动、智能预警为特征的主动安全管理保障体系,实现面向人-机-环-管的全方位主动安全管理。

(1) 矿山人员管理系统:实现区域划分监控和区域内人员统计,支持闯入、超员、超时警示。

(2) 矿山装备碰撞预警系统:采用射频识别、瞬变电磁感应、无线脉冲检测等技术手段建设矿山装备碰撞预警系统,配备可视化车载预警终端、车载信号发射机、车载信号接收机、标识终端,实现装备行驶、作业过程中装备-装备、装备-人员、装备-固定设施间碰撞事故的预警。

(3) 矿山安全监测及避险系统:地下矿山方面,对井下环境、人员等进行实时监测,建设对应安全避险系统,包括监测监控系统、人员定位系统、紧急避险系统、压风自救系统、供水施救系统、通信联络系统等。矿山采用位移、变形、应力、压力、声发射、微震等监测手段,实现对地压的实时在线监测,对矿区潜在或可能发生的地压灾害进行预测,辅助矿山安全决策,服务矿山安全开采。露天矿山方面,建设边坡在线监测系统、排土场在线监测系统,对边坡表面位移、爆破振动、降雨量以及视频进行监测监控,实现数据采集、分析与风险预警。鼓励有条件的露天矿山建设应急通信系统,实现紧急模式下的快速组网。具备尾矿库在线监测系统,自动采集尾矿库各种运行数据,包括位移、浸润线、视频等,并将数据上报至控制中心进行分析、储存及备份,实现尾矿库状态实时监测、数据输出及综合预警。

### 数字化解决方案价值

通过建设安全管理平台,实现各个安全子系统的数据共享,消除信息孤岛。利用先进数字化技术,主动识别人员方面的不安全行为,保证相关EHS制度落地。对重大危险源及危化品,实现在线实时检测监控,主动辨识风险隐患,实现安全隐患问题闭环管理。

## 7 设备智能管理

### 业务需求

矿山当前的设备管理和维修沿用传统的体制和方式,即事后维修和预防性维修。点巡检、保养、检修等作业都是人工纸质为主,过程不透明,管理难度大,依赖个人责任心,结果不可控。事后维修致使设备停机时间增加且无法保证机器的正常和及时使用,直接影响了矿山生产任务的完成。在预防性维修方式中,固定的检修周期有可能过度检修,也有可能欠检修。设备维护采用每日停机点检、事后抢修的管理模式,这种人工离线检测方式无法克服人员投入过多、检测时间过长、获得检测和故障相关的信息较少、问题提前发现靠个人经验和责任心,发现问题困难等缺点,难以全面、及时的把握设备状态,无法准确有效地监测设备突发性故障。矿山的设备管理需要向作业数字化、预测维

护智能化演进,实现数字化作业协同和设备预测性维护。

### 数字化解决方案

设备智能管理平台围绕矿山设备的“管、用、养、修”,通过引入AR、AI、数字孪生等新技术,建立一套先进的设备全生命周期管理平台,实现设备基础台账、设备状态监测、设备点巡检、设备维修保养、维修结算、设备能耗、综合分析以及特种设备管理等功能,为设备管理决策提供科学的指导,满足各使用单位差异化需求,全面提升矿山企业的设备管理水平,降低管理成本,提高管理效率。

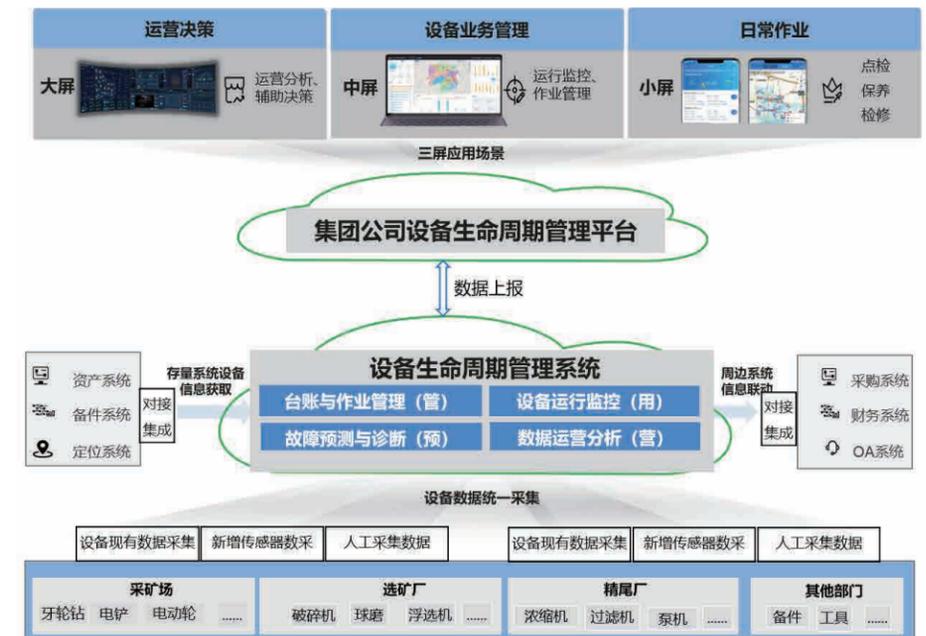


图14:设备智能管理平台

**台账与作业管理(管):**设备台账、点巡检、维修保养全流程信息可视可管,提升作业、管理效率,实现管用养修数字化,流程作业可视可管。

**设备运行监控(用):**多维度运行监控,设备状态全面可视。整合点巡检作业信息、PLC工况&告警、预测性维护、网络连接、摄像头质量监控,实现设备全维度运行状态可视。并通过5G网络提供问题定界、视频监控质量检测能力,全面保障设备运行。

**故障预测与诊断(预):**故障预测与诊断,快速定界和定位。机电类设备通过PLC和传感器数据进行设备预警和故障诊断,通过机理模型和AI算法双重校验预测结果,通过非正常即异常,边用边学持续优化预测的准确率,通过健康管理和故障预测全方位预测设备的问题,通过预警和诊断结果给出处理建议,指导隐患或异常的及时排除。

**数据运营分析(营):**大数据运营分析,辅助决策。设备数据统一接入和治理,打通数据断点,支

撑高效运营分析和决策,如备件库存优化、设备能效优化、班组绩效优化等。设备智能管理平台提供零码开发能力,所有流程通过零码编排应对各个班组的不同流程和快速响应流程变化。各个班组、各层组织都有不同的报表呈现要求,快速对接数据,自动形成报表可提效,支撑决策。

### 数字化解决方案价值

设备智能管理平台可以给矿山带来下列价值:

- (1) 通过IT系统和移动APP实现设备管理流程化、信息化,全部流程线上化,打通流程和数据断点,实现全流程信息可视,各个阶段的数据都可查、可追溯、可分析,实现全流程信息可视,提高设备生命周期内的管理效率;
- (2) 通过设备的统一联接,实现设备运行状态、告警、事件的实时感知,构建设备可视化管理平台,为不同的管理者和角色人员设计专属工作台,大屏支撑决策、中屏支撑管理、小屏支撑作业,实现本职工作快捷处理,逐步实现现场运维向远程化、无人化的转变;
- (3) 引入AI预测性维护、AR工业协作等技术,提升设备管理的智能化水平,将预测性维护应用到关键生产设备,通过设备健康管理、预测性维护等智能化手段,逐步实现周期性维护向预测性维护的转变,提高设备维护效率,保障设备运行和生产业务的连续性。

## 8 矿山能源管理

### 业务需求

矿山是能耗大户,采矿和运输消耗大量的电力和燃料,选矿消耗大量的电和水,矿山现有能源管理系统分散建设,形成数据孤岛,数据无融合,全矿生产单位的电、油、气智能数据采集装置数字化程度不够,难以支撑实现全矿电耗,油耗,天然气等能源消耗数据集中管理,分析与优化决策建议。

### 数字化解决方案

计量与能源管理系统对生产过程能源生产、能源供应、能源消耗进行实时监控与管理。通过自动采集和人工录入的能源数据,对生产过程的能源消耗量和单耗量进行统计和分析,编制各种能源报表与分析曲线等直观图形。参照生产计划和消耗定额进行对比和分析,为生产管理、调度指挥、岗位操作提供及时准确的能源数据信息。能源管理系统实现全矿电耗,油耗,天然气等能耗数据集中管理,分析与优化决策建议。

- (1) 部署全矿生产与经营各单位的电、油、气智能数据采集装置。
- (2) 建设能耗分类与数据分析管理基础平台软件、能源分析报表和管控中心。主要功能包括:
  - a. 能效看板:多维度直观展示能耗趋势、能效指标、节能水平和CO2排放量,使管理者对节能目标实现持续管理和最佳绩效。
  - b. 告警管理:能耗异常告警在能耗超过阈值和预算值时进行告警触发,支持多次备注、查询导出与邮件或短信发送。所有告警事件可量化、可追溯、可评估、可优化,实现告警工单闭环管理。
  - c. 能效分析:融合影响能耗变化的自变量数据,对比能耗基准指标,全面洞察资产,设备能效水平,实时分析节能项目投资回报率,跟踪设备的全生命周期能效水平。数据分析功能支持分析结果与设备控制策略的联动,实现自动优化。
  - d. 能耗报告:具有标准能耗分析报告库,支持Web界面用户自定义报告。能耗报告定期自动发送邮件到指定邮箱,同时也可实时生成和下载报告。
  - e. 历史数据:对原始采集数据的验证、清洗、查询与导出。
  - f. 能耗计费:支持电量的尖峰平谷复费率和其它能耗的固定费率计价方式,输出收费帐单。监测汇总月度费用的环比变化率、每日能耗费用数据。

### 数字化解决方案价值

实时监控生产过程的能源状况,有效控制能源消耗,及时发现耗能症结并采取节能措施,及时调度指挥和操作,达到最大限度的减少生产能耗,降低生产成本,增加生产效益。

## 9 矿山环保管理

### 业务需求

开发矿产资源容易对环境造成不良影响,在矿产资源开发过程中会引起土壤侵蚀、水土流失、土地沙漠化,以及地面开裂、沉降、塌陷,山体崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。废渣、废水、废气排放对水体、土壤、空气的污染,对野生动植物资源和自然地质地貌景观的破坏、危及公民健康和财产损失等。矿业生产活动中,需要为保护矿山环境和防治矿产资源开发产生的环境污染和生态破坏。

### 数字化解决方案

建设由信息采集、数据传输及监控平台组成的生态环境保护管理智能感知系统,利用智能监控手段、定位技术和物流系统,实时跟踪监控矿山生产作业过程中的废水废气排放情况及固体废物环

境管理情况,实时采集“三废”产生量及废水废气中的污染物监测等数据,对潜在的突发环境事件及时分析预警,利用无人机巡航及时监控矿山生态破坏和修复情况,实现矿山生产作业过程中生态环境保护的数字化、智能化管理。利用无人机对目标区域进行数据采集,经过计算机系统处理,进行定性或定量分析矿山环境的治理恢复的真实现状,为管理者提供决策依据。

### 数字化解决方案价值

生态环保管理平台,可以对矿山的水、大气、固体废物等污染源排放情况和矿区环境质量进行实时监测,实现环境质量和污染源的实时监测,预测预警,多层管控。

## 10 RPA办公自动化

### 业务需求

随着矿山企业信息化、数字化的发展,各业务领域信息化系统日益完善,但企业内部仍然有大量人员花费大量时间在各种应用系统中从事重复性操作,原因是仍有一些业务场景不具备接口级集成条件,或使用接口集成的成本很高。主要有以下四类:

(1) 企业内部和外部应用割裂、数据孤岛、流程断点多,系统间数据打通基本依赖人拉肩抗,即使通过部署数字底座打通API,也往往很难解决大量长尾的场景。如企业内部IT系统与国家税务系统、国家贸易等系统间的接口。

(2) 企业业务流程和规则复杂,业务人员在一个系统中有大量重复性的操作,如财务ERP系统,财务人员完成对账需要点击上百次的鼠标和键盘的操作才完成,往往完成一个报表需要几十张EXCEL表格进行数据操作,费时费力,且错误率高。

(3) 大量票据、证照、合同等非结构化数据依赖人工识别和信息提取,如财务发票的核查。

(4) 企业内部老旧IT系统无法提供API,改造周期长、风险大,依赖人工搬运数据。

客观看,这类业务流程主要的特征是:固定、重复、逻辑简单。使用智能流程机器人RPA来自动化此类流程,可大幅提高运营效率、降低人员成本。应用RPA机器人流程自动化技术,可以将固化、繁琐、重复的业务使用RPA机器人来自动化完成,以达到优化企业工作流程、减少成本、提高工作效率、降低操作失误率的目标。

### 数字化解决方案

智能流程机器人系统结合RPA+AI+低代码能力,通过RPA实现经营管理流程的自动化处理;AI

赋予机器人眼、耳、脑,实现智能化;低代码帮助快速构建移动APP及交互应用,提高用户体验,支撑业务快速部署。智能流程机器人RPA系统为满足客户后续自动化流程开发、运营以及维护的目标,具备以下功能:

(1) 非破坏、无侵入的多系统集成能力。RPA系统为客户提供不改变原生系统,以及无需原系统厂商配合的多个业务系统集成能力。

(2) 平台提供丰富的基础流程组建。RPA平台自身提供多样的流程组件,包括但不限于:登录、验证码识别、非结构化数据处理(PDF,图片等)、Excel数据处理等能力,为快速构建流程机器人提供条件。

(3) 构建一个高效、精确的流程执行平台。无误的提供7x24小时连续的服务能力,释放员工创造力,提高人力资源利用效率。



图15: RPA智能流程机器人系统

### 数字化解决方案价值

智能流程机器人价值:解决企业现有业务系统的断点、堵点和痛点,帮助提升流程效率、优化流程质量、实现数据价值及提升员工体验。以RPA机器人作为虚拟劳动力,依据预先设定的程序与现有用户系统进行交互并完成预期的任务。相对于普通劳动力来说,RPA可以很大程度上提高企业自动化程度、节省多余的劳动力成本、提高企业流程执行效率及准确度,使相关人员能够将更多时间用于服务客户或其他更高价值的工作。

# (六) 金属矿山数字化转型保障体系

## 1 金属矿山数字化治理体系

智能矿山投资规模大,时间跨度长,涉及面广,为了保证实施效果,需要建立相应的治理体系,遵循管控策略和原则,制定相应的体系运作机制和规则。

数字化治理意味着通过运用技术手段对组织内部人员、组织、业务、流程、基础设施、数字资产等各个要素实施科学管控,从而实现对数字化转型过程中生产关系的重塑,兼顾风险防范和效能提升。

针对智能矿山,数字化治理体系一般包含战略层面、战术层面和运作层面。

数字化治理体系框架

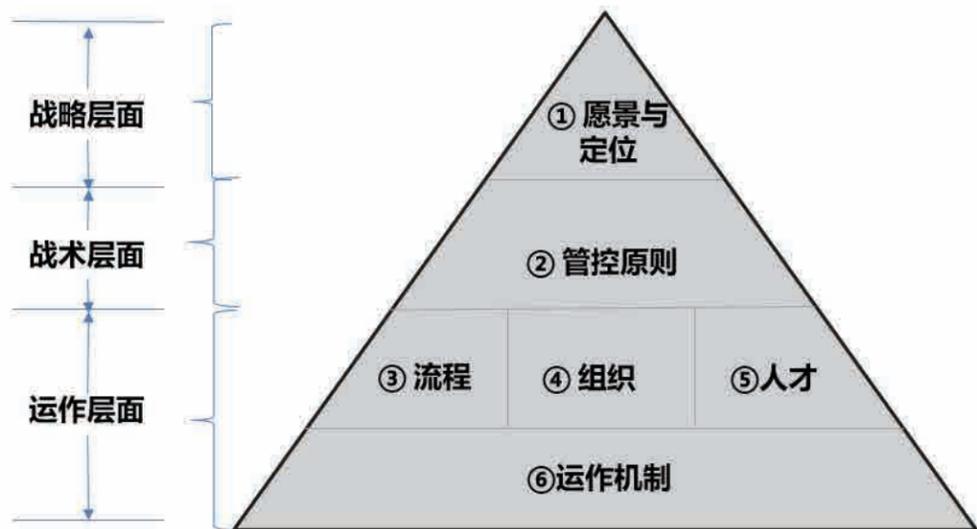


图:智能矿山治理体系框架

### 战略层面

一般依据企业发展战略及愿景,制定智能矿山数字化转型愿景和数字化定位。

(1) 数字化愿景:企业进行数字化转型的目的不是成为世界级的IT,而是成就世界级的一流企业。

(2) 数字化定位:“定位决定地位”,成立数字化部或类似的数字化组织,通常代表公司意志驱动并支撑企业数字化转型。

### 战术层面

(1) 数字化管控:定义企业数字化转型从规划到建设和运维的管控策略/架构原则,管控能力通常体现在集中管控与快速响应的高质量服务中寻求平衡。

### (2) 数字化管控总体原则:

以客户为中心:数字化以支撑企业战略和业务需求的实现为目标,关注满足客户(业务部门)需求,提升服务水平和服务能力;提高服务意识,提升客户满意度;对于业务数字化问题不推诿,主动承接并给与业务及时回馈。

伙伴关系:数字化管理组织和业务部门在工作上建立伙伴关系,共同承担业务目标,业务数字化工作业务主责,IT使能。

数字化是一项投资:对需求进行投资回报率(ROI)分析,评估业务价值;数字化管理组织要从成本中心向价值中心转变。

IT与业务紧密结合:IT与业务紧密结合,才给业务带来最大价值。

业务驱动,架构牵引:基于业务战略,建立架构管控机制来保证架构遵从,逐步减少烟囱式的应用系统,实现信息的打通以及共享,有效牵引项目解决方案设计与实施。

数据是企业核心资产:建立企业统一的数据管理体系,加强数据资产的管理,业务是数据质量的第一责任人。

数字化能力是核心能力:不断构建数字化专业化能力,提升专业化服务水平,加强专业能力培养,并持续改进。

重视并保障安全:建立分层分级的安全防护体系,平衡安全与效率之间的关系;在流程和IT系统的设计、实施和运维过程中充分考虑安全要素;构建全企业的安全体系;保障网络安全。

### 运作层面

(1) 流程:定义统一的流程管理体系,流程建设标准、流程运营方法,支撑业务流程按规范运作。数字化治理流程框架通常包含:管理业务变革、管理业务IT、管理平台IT、管理IT产品、管理企业架

构、管理流程和管理数据。

**(2) 组织:**数字化管理组织设计,从响应业务需求向与业务进行融合,加快对业务响应。通常数字化推进委员会或变革指导委员会是数字化转型变革高效决策及运作的保障。数字化实体组织,通常按照有利于能力建设、有利于资源共享、有利于快速响应的原则,设置数字化三大组织支柱。

**(3) 人才:**“业务人员懂IT,IT人员懂业务”,持续构建组织级的人才队伍。数字化领导力的赋能,从“商业洞察力”、“战略执行力”、“组织协同力”三个方面,“数智”、“战略”、“变革”、“人才”、“文化”五个领域,全面提升管理者数字化领导力,助力数字化转型成功。

**(4) 运作:**数字化转型项目作为投资,需项目化运作。关注投资结果,变革管理作为一项投资行为进行审慎管理,并基于项目化运作。设置决策评审点,用以控制投资节奏及决策,并设计技术评审点,辅助支撑决策评审点的投资决策。

## 2 金属矿山数据治理体系

数据是矿山数字化转型中的核心资产,数据资产的建设和管理需要一套完善的数据治理体系支撑。明确数据管理组织、流程、规范,建立数据质量管理运作机制,构建以数据应用为导向、业务价值为引领的数据资产管理体系,并通过完整的数据治理体系的运作,不断促进业务规则和流程的优化,实现以数据驱动的数字化转型。

基于科学的数据管控体系和数据治理架构设计,结合行业优秀实践和企业当前主要问题,将数据治理工作从规划、实施、运营到迭代形成闭环,才能真正发挥数据作为核心生产要素的价值。

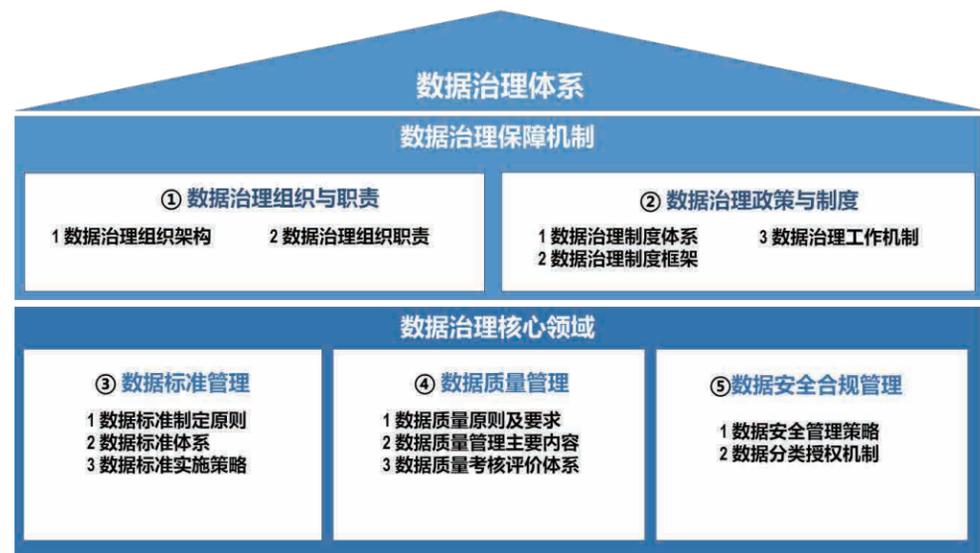


图17:数据治理体系架构

矿山需要构建完善的数据治理体系,重点建设两个保障机制,围绕三项核心领域展开,实现统一、规范的数据管理,打破数据壁垒,为矿山提供高效便捷、低成本的数据服务。

数据治理体系的架构包括两大部分:

两大保障机制:包含数据治理组织与职责、数据治理政策与制度。保障机制是数据治理工作能够顺利开展的制度保障。

三项核心领域:包含数据标准管理、数据质量管理和数据安全合规管理。核心领域是数据治理工作的主要抓手和重点工作内容。

## (七) 金属矿山数字化转型带来的价值

金属矿山在经过数字化和智能化转型升级后,能够在如下这些领域产生明显价值:安全生产运营、业务体验创新、生产效率提升和业务模式创新。

**(1) 安全生产运营:**通过先进的数字技术与生产活动相融合,实现危险作业环境走向少人化和无人化。通过人员违规行为识别,如:工服工帽违规穿戴、抽烟、离岗、危险区域进入,可以极大降低危险源,包括可能导致人员伤害或疾病、物质财产损失、工作环境破坏等。对矿山数据实时检测,及时预警,包括:毒害气体检测;风速、风压、温度等检测。以远程控制或自动控制为手段,逐步提升企业安全生产及运营的能力

**(2) 业务体验提升:**大大改善生产过程中的业务体验,减少高危、高噪音、高温等作业环境的同时,也解决招工难等问题。通过无线替代有线,无人替代有人,线上替代现场,实现穿着西装在空调室内采矿等作业。通过数字化技术增强生产计划管理能力,通过可预测的生产与销售的匹配,优化的交易处理,能够实现营收和利润的增长以及成本的降低。

**(3) 生产效率提升:**生产效率提升方面,如升级选矿专家系统,提升选矿效率;预测性维护识别设备的运行状态和健康度,提前排除故障或风险;远程作业保证困难环境下生产的可持续进行。运营效率提升,包括运营可视化,数据驱动的决策制定和决策授权等。

**(4) 业务模式创新:**通过数据治理,释放数据资产价值,使得数据在成为核心生产要素的同时,能够反哺业务,实现“数据即业务,业务即数据”。通过生态的开放合作,实现企业级的价值链整合,重塑组织边界,共享数字服务和能力。

## (八) 金属矿山数字化转型 优秀实践

# 1 江西铜业集团有限公司案例

江西铜业集团有限公司(以下简称“江铜集团”)成立于1979年,一家中国大型阴极铜生产商及品种齐全的铜加工产品供应商。秉承“用未来思考今天”的理念,江铜集团始终站在未来发展的战略高度,制定发展规划,确立战略目标,以远见卓识的战略眼光,持续推动规划的实施和目标的达成。江铜集团作为省属龙头企业,抢抓数字经济发展时代机遇,制定“数字江铜”规划,推动“数字江铜”建设,为加快推进高质量跨越式发展,打造具有全球核心竞争力的世界一流企业提供保证。

江西铜业股份有限公司德兴铜矿(以下简称“德兴铜矿”)是江铜集团的主力矿山,是亚洲最大、中国第一的露天铜矿。德兴铜矿作为智能矿山建设试点单位,携手华为成立联合工作组进行智能矿山顶层规划,为矿山智能化建设奠定坚实基础,在“数字江铜”建设中“挑大梁、打头阵”,助力江铜集团成为有色行业数字化转型先行区。

德兴铜矿携手华为,在智能矿山顶层规划中引入领先的工业互联网架构,以下一代物联网为基础、云平台为中枢、数据为要素、网信安全为保障,打造新一代信息技术与矿山行业深度融合的数字化转型新模式,重塑矿企新形态、供应链和产业链的新业态。

在现有自动化、信息化建设基础上,推进物联网、大数据、人工智能、5G、云计算、虚拟现实、数字孪生等新一代信息技术与矿山业务的深度融合。以“矿石流”和“信息流”为经纬线,深挖数据价值,使数据真正成为关键核心生产要素,支撑德兴铜矿数字矿山建设。

德兴铜矿数字矿山建设规划的主要任务:

**(1) 建设透明化管理数字底座。**以工业互联网架构为基础,统筹推进数据中心、边缘云、骨干环网、IoT物联网平台和数据治理平台等新基建项目的建设。通过云计算、大数据、5G/F5G等新一代信息技术的运用,深挖“矿石流”价值链的断点、痛点与盲点,打破数据孤岛,加强各系统数据集成,夯实场景创新应用数字底座。

**(2) 推进智能化生产装备升级。**以实现安全稳定生产为主线,结合德兴铜矿生产工艺流程,有序

推进装备自动化、智能化改造。深入推进工业物联网、人工智能、数字孪生等技术与装备深度融合,实现核心应用场景装备智能化升级。提升人与装备的全面自主感知、实时高效互联、精准协同控制、动态预测预警和远程集中诊断等能力,实现智能化生产,少人无人化作业。

**(3) 加速数字化运营平台建设。**以“矿石流”为经线,加速地测资源管理、三维可视化数字采矿、选矿专家系统、尾矿数字孪生等核心应用场景建设,形成面向“矿山规划-地质资源-采矿设计-采矿作业-选矿作业-尾矿处置”的一体化运营平台。以“信息流”为纬线,加速业务驱动和数据驱动融合,围绕安全环保、生产经营、设备能源等矿山核心业务,建设协同、扁平的集约化运营平台。

**(4) 建成智慧化决策管控中心。**基于“矿石流”和“信息流”的融合,建成集数据资源中心、安全环保中心、设备运维中心、生产调度中心、经营管理中心、决策指挥中心等为一体的综合管控中心。通过矿山生产流程模拟和仿真,实现核心应用场景的智慧化诊断、预测、优化和调整,建立大数据分析中心,支撑数据驱动的科学决策。

**(5) 建立有色金属矿山数字化标准体系。**构建数字化治理体系、数据治理体系、网络和信息安全体系。围绕矿山采选的本质安全与资源集约,建立有色金属矿山数字化标准体系,引领有色金属矿山数字化、智能化转型升级。

德兴铜矿入选了自然资源部《智能矿山建设规范》全国首批八家示范建设单位之一,将坚定不移贯彻落实江西省数字经济“一号工程”,紧扣“数字江铜”建设目标,以决策科学精准、生产智能高效、组织高效协同为目标,对标智能矿山行业标准,积极探索数字化转型实践新路径,加快数字技术与矿山生产深度融合,努力形成可复制、可推广、可借鉴、可应用的智能化经验和模式,为传统矿山数字化转型作出示范,助力江铜集团成为有色行业数字化转型“先行者”。

# 2 鞍钢集团矿业有限公司案例

作为中国最大、历史最悠久的铁矿山企业,鞍钢集团矿业有限公司(以下简称“鞍钢矿业”)坐落于中国辽宁省鞍山市,是“共和国钢铁工业的长子”、“中国钢铁工业的摇篮”、世界500强企业——鞍钢集团重要的资源板块。鞍钢矿业是国内掌控铁矿石资源最多、产量规模最大、生产成本最低、技术和管理全面领先的铁矿业龙头企业。鞍钢矿业加快智慧矿山建设,利用新一代信息技术改造传统产业,开展集团化矿业生产智能管控、智能矿山大数据分析与应用、矿山无人开采等技术的研究及应用,实现管理模式的深度变革。

眼前山铁矿是鞍钢集团精品原料基地。1960年建矿，露天开采生产模式持续了50多年，为了做强做优做大资源产业，保证企业可持续发展，该矿在2012年开始由露天生产转入井下生产，成为鞍山集团第一个露天转井下矿山。眼前山铁矿积极对标国际行业先进企业，全面开启井下安全高效智慧化变革，全力打造井下智慧采矿试点示范单位，加快推进井下智慧采矿智能制造项目建设，争当行业和鞍钢集团智能化建设标杆。

鞍钢集团矿业公司携手华为，在眼前山铁矿部署矿山工业互联网平台，是铁矿领域内第一个通过打造工业互联网实现矿山数字化、智能化升级转型的矿企。工业互联网平台依托“一中心、一网络、一系统、一平台、N智能应用”的框架体系（一中心即智慧管控中心，一网络即多元融合网络，一平台即采矿运营管理一体化平台，N智能应用即以决策支持系统为核心的多种智能应用及智能操控终端），以5G、融合IP工业网、Wi-Fi 6实现矿山网络全覆盖，确保了矿山设备的万物互联，部署云平台及数据中心提供大数据综合管理、分析、及二次应用能力，将丰富的生产、安全、管理经验与全球领先的ICT技术相融合。

眼前山铁矿以“矿石流”为主线，融合“信息流”“业务流”“数据流”，综合考虑生产组织、设备运维、管理需求等因素，全力打造设备运行自动化、业务流程信息化、生产管理数字化、企业决策智能化的井下安全高效智慧矿山。眼前山铁矿采用Wi-Fi 6的Mesh技术实现井下网络全覆盖，Mesh技术解决矿山爆破面网络覆盖问题，实现进路爆破面远程巡检，在井下构建一张智简千兆无线物联生产网；融合IP工业网实现井下井上万兆环网提供统一接入和大带宽。以工业互联网思路设计规划矿山数据平台，打造IT基础设施，服务器资源统一部署、统筹规划、按需分配。凭借资源数字化管理系统、生产运营管理系统、能源管理系统、人员定位系统、斜坡道调度系统、安全管理系统、矿区安防管理系统、统一门户，全信息可视化系统、矿山决策支持系统，实现IT\OT统一数据接入，统一数据标准和格式，打破烟囱系统的数据孤岛。提供统一的接口服务，支撑全信息可视化、矿山决策支持、生产运营管理等智能化应用，实现跨系统间协同。

安全生产管理是一个系统工程。覆盖企业生产的各个环节，人、机、环、管各类数据分散在不同的平台之上，系统和数据之间无法打通，导致矿山安全管理无法实现统一管理、统一协调、统一指挥，无法支持矿山安全管理大数据分析。通过打造眼前山矿智慧安全管理平台，将矿山安全管理的流程、作业、规则沉淀在平台之上，使能矿山安全管理数字化。眼前山铁矿智慧安全管理平台提供档案信息化管理、智能终端风险隐患录入、安全作业现场可视管理、安全作业远近协同、风险隐患主动提醒、移动安全生产学习等矿山安全生产管理信息化能力，同时平台应具备作业流程编排、看板编排、应用编排、集成中心、运维部署与运营中心的能力，打通矿山各个安全管理系统间的断点，实现数据的打通，系统的融合，支持矿山安全管理大数据分析。

眼前山铁矿通过部署工业互联网平台，提供云和数字平台的高阶服务，打通数据，实现数据入湖，为集成上层矿山智能应用提供了前提和保障，使得复杂系统的建设成为可能。眼前山铁矿已经打通矿山斜坡道调度、人员定位、矿区安防、安全管理、生产运营管理、能源管理、资源数字化、综合集控、无人驾驶电机车、智能供配电等系统，采用矿山边缘节点方案，克服了存量场景对接困难建设缓慢的现状，实现集团和矿山系统的对接和协同，率先在铁矿领域实现了“集团+矿山”层面的数字化转型。该矿未来将全面建成集5G、大数据、人工智能等一体的智能化矿山，有效提升井下智能化生产和水平，实现建设世界领先资源开发企业目标。

## 3 攀钢集团有限公司案例

攀钢集团有限公司（以下简称“攀钢集团”）是依托攀西地区丰富的钒钛磁铁矿资源，依靠自主创新建设发展起来的特大型钒钛钢铁企业集团。攀钢集团始建于1965年，经过五十多年的建设发展，攀钢集团在钒钛磁铁矿资源综合利用方面已处于世界领先水平，是引领全球的产钒企业，我国核心的钛原料和拥有完整产业链的钛加工企业，我国重要的铁路用钢、汽车用钢、家电用钢、特殊钢生产基地。

攀钢集团矿业有限公司（以下简称“攀钢矿业”）是攀钢集团高炉冶炼的主要原料供应基地，现已形成年产钒钛磁铁矿1221万吨、钛精矿123万吨、冶炼辅粉矿89万吨的生产能力，铁精矿产量全国第二、钛精矿产量全国第一。2021年11月，攀钢矿业携手华为、中国移动等组成联合攻关团队，以朱兰铁矿为实际应用场景，共同开展露天矿5G远程穿孔采掘运输技术智能化应用研究，解决矿山行业数字化转型的痛点和难点。攀钢矿业5G远程采矿项目将离散、单一的矿山设备连接起来，让各自独立的生产环节半连续化，甚至是流水线作业。通过对1台钻机、1台电铲和2台矿卡实施智能化改造，并配套建设1套5G专网、1个边缘数据中心和1个远程操控中心，朱兰铁矿实现钻机远程自主作业、电铲远程操控和矿卡自动驾驶，其中矿卡和钻机都能一人同时操控多台设备。



图18:攀钢矿业5G远程采矿方案

通过5G远程采矿后,职工的作业环境从设备上、从现场全部集中到集控中心,基本上实现了人的本质安全。钻机的自动化作业、电铲的远程遥控、矿卡的自动驾驶,可以实现一个人操纵多台设备,通过自动化作业后,作业更加平稳,调度安排上可以更加高效。5G远程采矿项目改善了工作环境,也大幅提高生产效率,曾经“傻黑粗”的矿山,摇身一变成了“智绿精”。

## 4 酒泉钢铁(集团)有限责任公司案例

酒泉钢铁(集团)有限责任公司(以下简称“酒钢集团”)始建于1958年,是国家“一五”时期规划建设钢铁联合企业,也是我国西北地区建设最早、规模最大、黑色与有色并举的多元化现代企业集团。经过60余年的建设发展,酒钢集团已初步形成钢铁、装备制造、有色、电力能源、生产性服务业、现代农业六大产业板块协同发展的新格局。

西沟矿是酒钢集团重要的辅料矿山,以开采石灰石为主,工业场地和采场场分布于海拔3200米左右高寒山区,是典型高海拔山坡露天矿。酒钢集团在西沟矿启动露天矿的三化改造试点,酒钢集团的数字化转型旨在助力酒钢西沟矿的采集设备实现自动化、远程化,大力改善矿工的作业环境,提升作业效率。酒钢集团“5G+智慧矿山”创新示范项目于2020年12月落地,2022年5月实现技术推广应用。遵循“资源开采数字化、技术装备智能化、生产过程可视化、信息传输网络化、管理决策智慧化”的数字化和智能化矿山建设目标,西沟矿通过系统集成和数字化系统建设,完成管控系统的数字化和智能化转型,通过5G技术对传统设备新赋能,完成主体矿山移动设备远程操控,通过系统智能化完成管控和操控的智能化衔接,最终依靠大数据、云计算实现管理决策的智慧化。项目针对采矿作业中的穿孔、铲装、运输、疏通四个环节,通过5G网络,将设备指令通过网宽和传感器传输到操作控制端,让机器“听懂人话”,根据指令来进行生产,实现了矿山采场主体设备的远程操控和自动化运行,完整展现了国内首个车、铲、钻、锤联动的露天采场无人化作业场景,达到了国内领先水平。



图19:酒钢集团5G无人矿山方案

集车、铲、钻联合作业为一体的西沟矿“5G+智慧矿山”项目，实现了采装运设备远程操控、一人多操和无人驾驶，提升了劳动生产率。同时有效改善了职工的作业环境，让矿工告别“脏重险”工作，像“白领”一样坐在干净舒适的办公室里工作。“5G+智慧矿山”项目实现了传统工业与信息技术的融合，人机分离、远程操作，将作业地点由室外转为室内，帮助矿山企业彻底解决高危环境生产安全问题，全程智能化、可视化管理让决策更具科学性、准确性，对于推动传统领域数字化发展，引领产业高端化、智能化具有重要意义。

## 5 中国黄金集团内蒙古矿业有限公司案例

中国黄金集团有限公司乌山矿将数字化建设作为重点工作进行推进，作为实现传统产业转型、实现高质量发展的重要抓手。在十余年的发展历程中，锚定目标不动摇，不断引入新技术新设备，持续进行数字化改造升级，实现生产、经营、管理、安全环保全方位的数字化转型升级，并将数字化打造为确保核心竞争力的坚实保障。

### (1) 采矿数字化转型，综合提升技术管理手段

采矿数字化管理方面建立的采矿生产管控系统，达到了国内一流、国际领先水平，为国内数字化矿山建设提供了参照，推动了国内矿山数字化建设进程。乌山矿建立的“边坡监测雷达+边坡协同监测云平台”，达到了国际先进水平。矿山无人化建设方面乌山露天矿无人驾驶运输系统已经建立了由“3台无人矿卡+1台装载挖机+1台卸载装载机+若干台有人服务辅助车”组成的编组运行机制。实现了100吨级以上矿卡最大速度30Km/h，在5G网络通讯下的纯无人连续运行。

### (2) 全面的现场自动化，筑牢数字化矿山的基础

生产过程的信息采集是数字化的基础，自动化设备是实现数字控制的载体。乌山矿从多个方面不断夯实基础，注重生产过程感知，生产过程集中控制，关键指标自动调整等。

### (3) 泛在连接的工业互联网，实现生产设备全互联

构建广泛互联的工业互联网，成为数字化矿山的核心支撑平台。各类传感器、仪表检测数据通过分布式IO自动采集，第三方设备则通过多种通讯协议接入PCS系统。除了短距离的物理连接，也通过4G网关接入PCS系统，提高生产的实时监测和管控能力。所有数据在PCS系统中进行统一处理，确保标准一致。

### (4) 构建信息流贯通的数字矿山体系，形成数据驱动的管理模式

构建了检测执行层、过程控制层、生产执行层、信息管理层、商务智能层五层结构的数字化矿山体系，自下而上信息流贯通，设备运行时间、处理矿量、入选品位、成品产量等自动生产报表，增强了生产计划、执行、考核的依据，提供了生产组织依据的准确性和信息获取的便捷性。

### (5) 提高工作效率，全面发展移动端应用

为进一步提高工作效率，形成立体办公网络，利用手机便捷的特点，以企业微信为平台，全面进行移动端功能的开发，包括OA移动办公集成、个人薪酬信息、重点工作督办等。为进一步丰富数据仓库，增强信息采集，开发了基于手机应用的生产交接班记录、设备点巡检记录，实现了随时随地的记录填报和数据多维度的查询和分析，在增强管理手段的同时，提升了全员信息化体验。

### (6) 自动化、智能化推进生产少人化、无人化进展

重视以智能化提升生产和设备管控水平。为解决长距离皮带输送机巡检劳动强度大，研究应用了皮带输送机智能巡检机器人，在滑轨供电下，不间断对皮带托辊、机架、驱动装置进行振动、温度、噪声、火情的智能分析，异常故障时及时报警并精确定位故障点，避免恶性设备事故，提高了设备管理水平，同时大幅降低了岗位安全风险。

### (7) 数字化助力安全环保管理水平提升

以搭载可见光和热成像摄像机的无人机进行尾矿库巡坝，实时监测管路泄漏、坝体沉降、管涌等，自动预警，高清图像实时回传和归档。建设放射源在线监测系统，以无线点对点方式组网，在中控室实时显示辐射计量数据，监测数据历史归档，随时查询分析。在发生剂量超限或过低、通讯故障时及时报警，确保重大危险源安全。

### (8) 防风险保安全，构建牢固的信息安全体系

随着生产经营对于数字化的强依赖性，信息安全成为发展安全的首要前提。在体系保障方面，建立了专职网络安全组织机构，制定了《信息安全管理内部控制制度》、《信息安全事件管理制度》、《信息安全应急预案管理制度》等专业管理制度，关键业务系统通过等保二级测评。

### (9) 物联网、大数据、智能化构建全景数字生态

为提高可视化管理水平，在矿区部署了超过600台高清网络摄像机，尾矿库、采矿场、排土场等重点区域使用高分辨率和大变焦的球型摄像机，并使用“全景+动态跟踪”的先进技术，提高可视化安全管理水平。视频监控接入统一的管控平台，平台同时集成人体测温、车辆测速、物联设备、门禁和人员通道管理，以及药剂库火情监测、安防移动侦测等。

未来，乌山矿将不断加大数字化建设投入，持续拓展5G、云计算等技术应用，加快推动数字化转型，并为行业发展转型提供现场参照。

## 6 中国铝业集团有限公司普朗铜矿案例

中国铝业集团有限公司(以下简称“中铝集团”)普朗铜矿作为中铝集团智能矿山建设试点单位,加快技术攻关和成果转化,推进智能矿山建设,倾力打造智能矿山标杆,为行业和集团智能化建设提供“普朗样板”。普朗铜矿大力推进基于5G的智能无人化系统、无人化作业,为实现“机械化换人、自动化减人”的目标不懈努力,倾力打造智能矿山标杆企业,5G智能矿山成功实现工业应用,成为全国首个实现5G工业应用的有色金属地下矿山,也是全国首个高海拔地区5G智能矿山。为进一步提高矿山智能化水平,实现贯穿“人”、“机”、“料”、“法”、“环”矿山生产作业全场景的“全感知+全联接+全计算”,普朗铜矿在2020年年初开启了“5G+智能矿山”建设步伐。

普朗铜矿以数字化、智能化矿山建设为方向,在5G智能矿山建设中实行“统一规划、分步实施”的策略,高起点、高标准选择先进的工艺、设备和自动化、信息化、智能化技术,建成了一张5G工业专网。2021年5月至6月,普朗铜矿开展矿山生产智能装备、智能控制系统调试,5G智能矿山工业应用在矿山成功落地,实现井下穿脉内铲、运、卸矿作业自动化、智能化,成功打造了少人和无人生产作业全流程智能化解决方案,为采选尾工艺全流程控制和信息协同奠定了坚实基础。2021年7月,“中铝集团普朗铜矿5G智能矿山发布会”在昆明举行,标志着普朗铜矿成为全国首个实现5G工业应用的有色金属地下矿山。

普朗铜矿依托生产流程“矿石流”主线,以“1张5G矿山专网+1个矿山工业互联网平台+N类5G智能设备和智慧矿山应用”,将5G专网、5G智能装备、矿山工业互联网平台和智能矿山四个部分的生产要素全面连接,推进井下无人驾驶、井下定位、井下交通管理等创新应用,有效提升了矿山生产的本质安全,助力效率提高、成本下降。凭借5G工业专网的建成,普朗铜矿运用智能装备与控制技术,建立采选尾全流程的在线智能监控系统、无人驾驶运输系统、选矿全流程智能无人操作系统、长距离智能化尾矿输送监控系统,实现覆盖地质、采矿、选矿、动力、生产管理全过程的智能化生产线,最大限度降低采矿对生态环境的影响。借助科技的力量,普朗铜矿在保护中开发、在开发中保护,有效防止和减少矿山开发对周边环境和生物的影响。5G技术在金属矿山的工业应用,提高了矿山的生产效率和作业安全。建成后的5G+铲运机无人驾驶系统,实现井下穿脉内铲矿、运矿、卸矿作业自动化、智能化,无需人工穿脉内操作。在普朗铜矿明亮整洁的地表远程控制中心,员工在电脑操作台前熟练操作铲运机进行矿石铲装运输,井下实时传回的视频声音清楚、画面清晰,整个操控

过程信号稳定顺畅,实现了井下穿脉内铲矿、运矿、卸矿作业全过程精确感知、精准控制,降低了生产安全风险,改善了员工工作环境。

普朗铜矿建设智能矿山,极大提升了矿山生产经营管理水平,提高了资源生产规模和质量,为员工创造了更加良好的作业环境,矿山的竞争力也在持续提升。普朗铜矿基于5G网络通过技术攻关,实现了一批自主可控人工智能应用,打破了国外技术垄断,在无人驾驶、数据传输等核心技术上取得了突破。随着智能化程度进一步提升,将进一步推进有色行业的安全生产并提高企业生产效能,形成一批本质安全、资源集约、绿色高效、自主可控、全流程少人无人、可推广复制的人工智能场景,带动有色行业实现高质量发展,辐射带动上下游产业共同实现产业创新升级。

下一步计划中,普朗铜矿将打造“全感知+全连接+全计算”的智能矿山模式,将其贯穿生产作业全场景。普朗铜矿将在现有网络基础之上,建设一张“有线+无线”工业互联网,打造“1+1+N”(一张5G专网、一个平台、N个应用),实现矿山运营管理、安全环保管理、能源管理等系统互联互通,实行统一架构,完成智能运营管控等系统建设,为矿山高质量发展赋能。普朗铜矿按照“网络先行、数据为基”的思路,基于“集团+企业”两级大数据平台和5G专网的云边端架构,依托国家新一代人工智能创新发展试验区的算力支撑,与国家新一代人工智能开放创新平台企业合作,拟在“有轨运输智能无人驾驶”、“溜井料位计智能检测”、“设备智能预测性维护”、“智能违章监控”等场景中开发AI算法、模型,并最终实现少人化、无人化、精益化,建成智能矿山。

## (九) 金属矿山数字化转型展望

这是个大发展、大变革的时代。随着5G、大数据、AI、物联网等数字技术的不断发展和行业应用逐步深入,将产生“化学反应”,驱动千行百业转型升级的同时,不断改变着我们的生产和生活。金属矿山的数字化转型是个长期工程,涉及到顶层规划,装备现代化改造,生产产线数字化升级,矿山孪生建设,横向业务拉通,数据治理等各方方面面,逐步实现生产无人化,一键出矿,一键选矿,智能管控,智能决策以及全域安全动态感知等愿景。

经过这几年金属矿山行业在数字化转型方法、体系架构以及相应解决方案的研究与积累,矿山行业数字化转型的条件已基本成熟。矿山企业需抓住这次时机,做好矿山数字化转型顶层规划,并通过今后几年持续建设,实现矿山万物互联,部署好基于工业互联网架构矿山大数据平台以及矿山一体化管控平台等,以及孵化好各种应用智能创新。

中国金属矿山种类多,数量多,各矿山企业在面向数字化转型路上,会展现自身的特点与建设路径。可以预见,经过行业各方的协同努力,我国必将加速基于数据驱动的智慧矿山建设,并且在世界范围内大幅提升行业竞争力,金属矿山行业整体数字化水平将处于世界领先水平。

## 附1:参考文献

1. 自然资源部中国地质调查局国际矿业研究中心《全球矿业发展报告2020-2021》
2. 自然资源部《中国矿产资源报告(2021)》
3. 自然资源部《智能矿山建设规范》(DZ/T0376-2021)
4. 中国信通院云计算与大数据研究所、中国五矿集团有限公司、五矿矿业控股有限公司等《冶金矿山数字化转型白皮书》(2021年11月)
5. 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会《智能制造能力成熟度模型》(GB/T39116-2020)
6. 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会《智能制造能力成熟度评估方法》(GB/T39117-2020)
7. 工业和信息化部、国家发展改革委、自然资源部2020年第19号《有色金属行业智能矿山建设指南(试行)》(2020年4月)
8. 中国电子技术标准化研究院《智能制造能力成熟度模型白皮书》(2016年9月)
9. 中关村信息技术和实体经济融合发展联盟《数字化转型参考架构》团体标准(T/AIITRE10001-2021)(2021年8月30日)
10. 中关村信息技术和实体经济融合发展联盟《信息化和工业化融合管理体系》团体标准(T/AIITRE10003-2021)(2021年8月30日)
11. 中关村信息技术和实体经济融合发展联盟《数字化转型新型能力体系建设指南》团体标准(T/AIITRE20001-2021)(2021年8月30日)
12. 中关村信息技术和实体经济融合发展联盟《信息化和工业化融合管理体系评定分级指南》团体标准(T/AIITRE20002-2021)(2021年8月30日)
13. 《金属非金属矿山安全规程》(GB16423-2020)
14. 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会《智慧矿山信息系统

通用技术规范》(GB/T34679-2017)

15. 工业互联网产业联盟(AII)《工业互联网体系架构》(2020年4月)
16. 工业互联网产业联盟(AII)《工业互联网平台白皮书》(2017年11月)
17. 《中国制造2025》(2015年)
18. 《工业数智孪生白皮书2021》工业互联网产业联盟
19. 2021年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》
20. 全国信息技术标准化技术委员会大数据标准工作组,中国电子技术标准化研究院《企业数字化转型白皮书(2021版)》
21. 《智能化露天矿山》(“十四五”国家重点图书出版申报计划——《智慧矿山丛书》系列)编制委员会
22. TMForum(电信管理论坛)DMM(R19.5\_V1.0)数字化成熟度评估模型
23. 华为及TheOpenGroup(国际开放标准组织)联合发布的ODMM数字化成熟度评估模型
24. 《2021年中国智能矿山分析与展望》
25. 《TOGAF企业架构指南》
26. 《数字中国建设整体布局规划》

## 附2:缩略语

1	5G	5th Generation	第五代技术
2	RFID	Radio Frequency Identification	射频识别
3	GIS	Geographic Information System	地理信息系统
4	GPS	Global Positioning System	全球卫星定位系统
5	IOC	Intelligent Operation Center	智能运营中心
6	IoT	Internet of Things	物联网
7	AI	Artificial Intelligence	人工智能
8	IPD	Integrated Product Development	集成产品开发
9	SMART	S=Specific、M=Measurable、A=Attainable、R=Relevant、T=Time-bound	目标管理中的一种方法。具体的、可衡量的、可达到的、相关性、有明确截止日期

10	DICT	Data, Information, Communication Technology	数据技术、信息技术、通信技术
11	BLM	Business Leadership Model	业务领导力模型
12	DTPC	Digital Transformation Practice Center	数字化转型实践中心
13	AR	Augmented Reality	增强现实
14	ODMM	Open Digital Maturity Model	开放数字化成熟度评估模型
15	DMM	Digital Maturity Model	数字化成熟度评估模型
16	EA	Enterprise Architecture	企业架构
17	BA	Business Architecture	业务架构
18	IA	Information Architecture	数据架构
19	AA	Application Architecture	应用架构
20	TA	Technical Architecture	技术架构
21	L1/L2/L3	Level1/Level2/Level3	层级1/层级2/层级3
22	AD	Application Domain	应用域
23	AG	Application Group	应用组
24	APP	Application	应用
25	VR	Virtual Reality	虚拟现实
26	SLA	Service Level of Agreement	服务水平协议
27	RPA	Robotic Process Automation	机器人流程自动化

