

有色金属矿山智能化转型 关键技术与应用



矿冶科技集团北京北矿智能科技有限公司
矿冶过程智能优化控制全国重点实验室
金属矿山智能开采技术北京市重点实验室
智能矿山数字计量联合实验室

吕潇 正高级工程师

2025年05月

01

我国矿产资源发展现状及挑战

02

矿山智能化转型升级路径

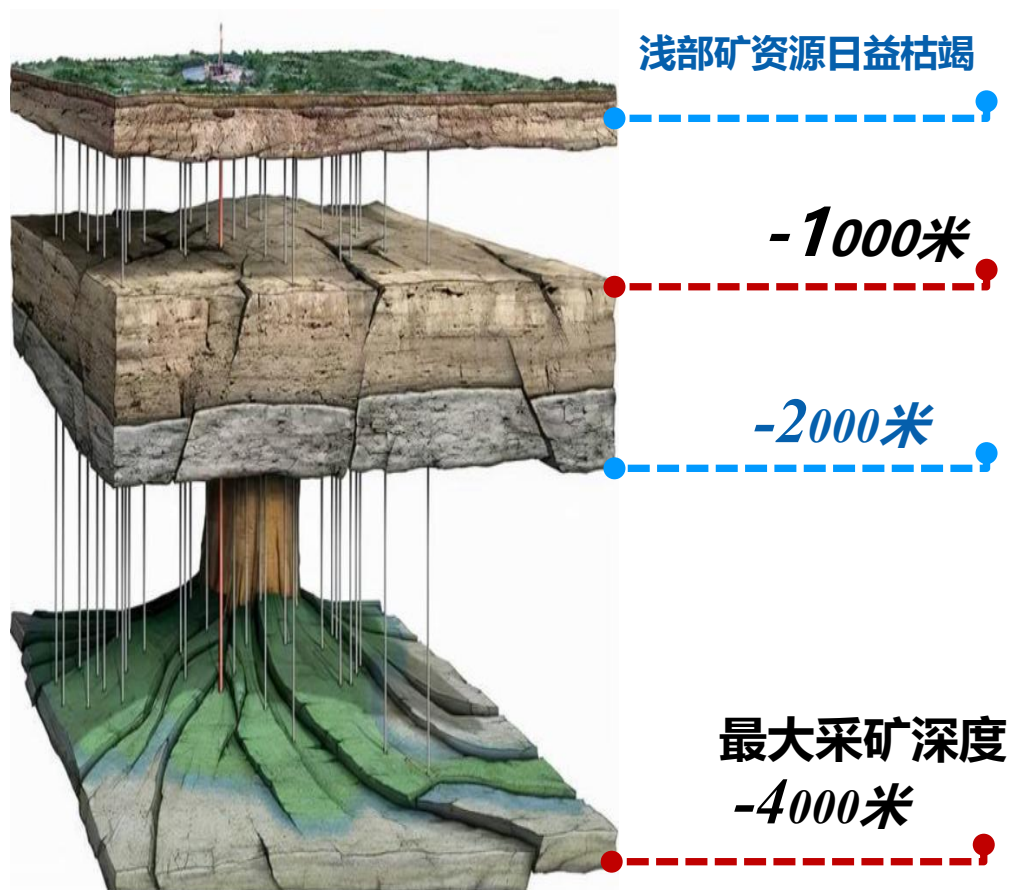
03

矿山智能化转型关键技术与应用

04

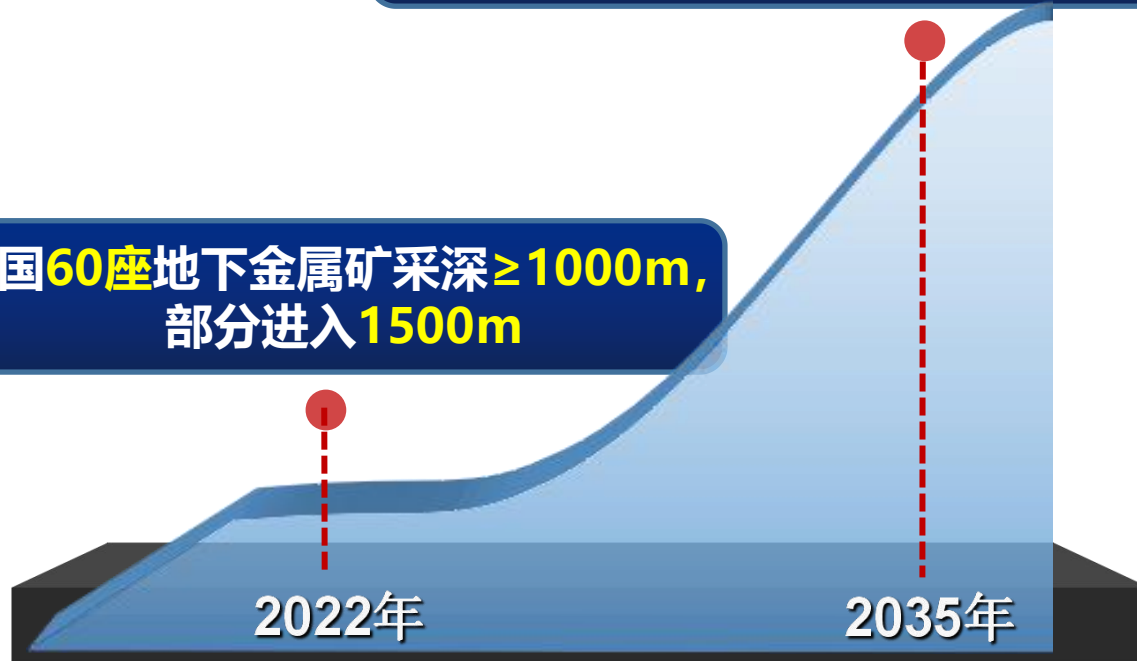
典型案例分享

矿业发展趋势——深部开采



我国超过1/3的地下金属矿山采深超过1000m, 部分将超过2000m

我国60座地下金属矿采深 $\geq 1000\text{m}$, 部分进入1500m





国际竞争



- 地缘政治严峻复杂
- 战略矿产保障不足
- 关键技术“卡脖子”

深部开采



- 安全风险增大
- 开采难度变大
- 开采成本上升



成本上升，难度提高，风险变大



- 从业人员不足
- 技术人才短缺
- 人力成本攀升

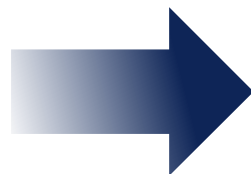
人才短缺



- 环保要求高
- “双碳”战略
- 绿色发展迫切

绿色发展

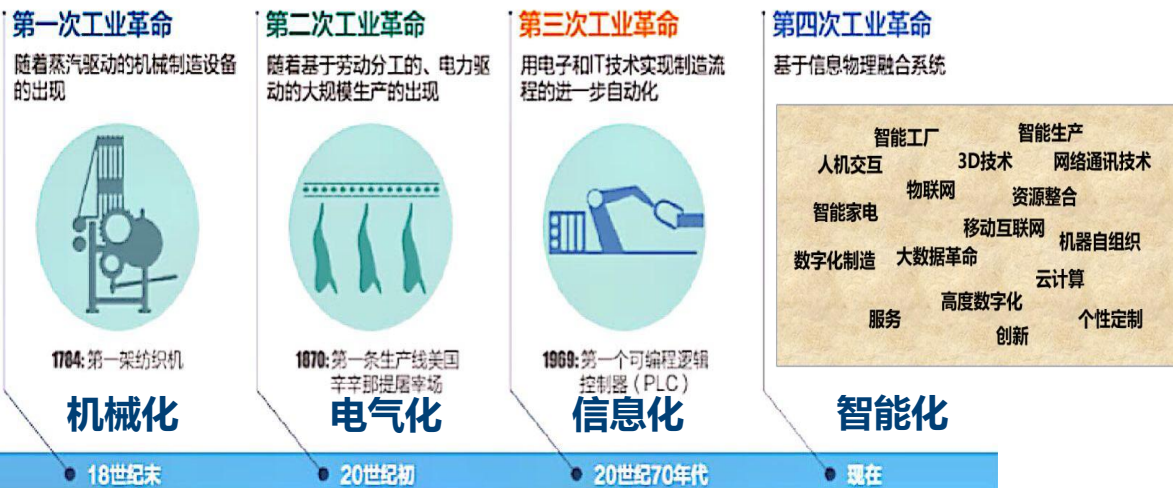
矿业发展趋势



智能矿山



我国矿产资源发展现状及挑战



当今世界已经进入以信息产业为主导的经济发展时期，**信息技术**是经济发展的“新动能”，全球矿业正在经历新的革命，**新一代传感器与智能设备、5G、人工智能、VR/AR、大模型、机器人**等新技术发展将使我们这个时代的生产模式发生**革命性变化，实现产业的智能化升级。**

矿山：安全、高效、绿色、智能

发展智能化乃至无人化采矿技术，革新矿山开采模式，减少井下人员，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。



矿山智能化建设相关政策



01

我国矿产资源发展现状及挑战

02

矿山智能化转型升级路径

03

矿山智能化转型关键技术与应用

04

典型案例分享



全球矿业正在经历一场新的技术革命，**新一代传感器与智能设备、5G、人工智能、VR/AR、大模型、机器人等新技术正不断深化应用到矿业领域。**

- 矿山生产运营模式：不断革新，采矿工艺技术向规模化、集约化、协同化方向发展；
- 采矿过程：全面迈入遥控化、智能化乃至无人化发展阶段；
- 选冶矿过程：全面实现自动化，并逐步拓展到智能化阶段；
- 生产管理：已进入“数据驱动”阶段，矿山大数据逐步展露出强大的生产力。



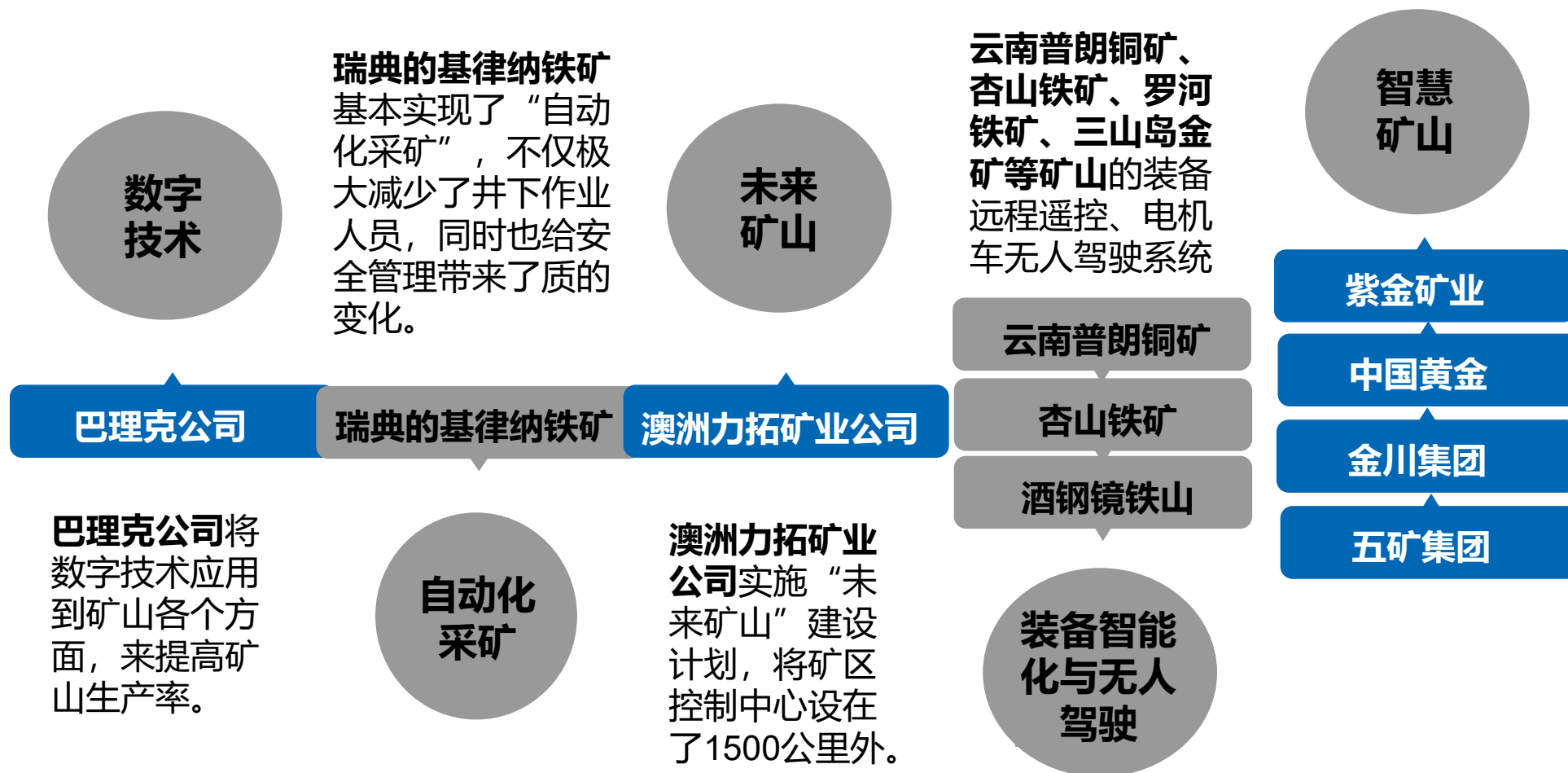
国内外智能化转型发展趋势



国外自上个世纪60年代起，不断研究自动化、数字化、智能化采矿技术，注重工艺衔接，系统性强，正在向智慧化、无人化采矿方向发展。



国内外智能化转型发展趋势

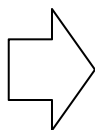




智能矿山 (办公室采矿)

通过先进的机器人和远程遥控系统驱动生产

Advanced robotics and remote operations drive the Mine of the Future™



Autonomous
drilling



Smart
blasting



Autonomous
haulage



Autonomous
trains



自动钻孔

智能爆破

自动运输

自动列车

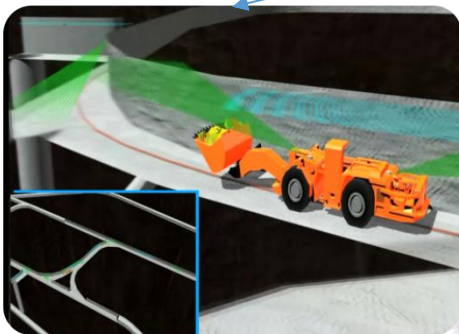
传统采矿



生产管理网络化、远程化、遥控化、无人化



采矿作业智能化



选冶过程自动化



运输调度无缝化





地质资源与开采

- 全面采用**三维矿业软件（Surpac\Datamine等）**进行精确的地质建模和储量计算，真实掌握矿山资源状况；
- 依托**三维排产软件（露采境界优化whittle、排产Minesched，地下开采采区优化（MSO）、地下开采设计和排产5DP&EPS)**进行**中长期及短期生产规划和采矿设计，实现生产过程的三维可视化管控；**
- 全面支持地质模型的动态更新和市场波动等因素为动态约束，实时优化矿山生产规划和开采计划。

安全管理

- 安全管理法律、法规、规章制度健全；
- 安全管理体系完善，质量管理体系，安全风险分级管控和隐患排查治理体系完备；
- 健康与安全至上，安全生产理念深入人心，职业卫生健康意识浓厚；
- 安全管理范围无缝涵盖矿山企业员工、承包商、供应商和合作伙伴；
- 建有完善的**矿山安全监测系统，实时监测井下地压状态、采场有毒有害气体浓度、井下粉尘浓度、作业环境温度湿度等环境信息，与矿山通信联络、人员定位系统及应急救援系统实现闭环联动，全面保障井下安全生产；**
- 建有完善的日常安全管理确认机制，在各个生产作业环节均设有完善的安全核对表，作业人员必须认真阅读和比对并签字，若发生了事故，则根据查找表进行追责。



技术装备

- 大量采用无轨采矿装备，掘进、凿岩、撬毛、装药、支护、破碎、铲装、运输等环节，全面推广智能化、远程遥控化的凿岩台车、撬毛台车、智能装药车、智能铲运机、智能卡车、破碎机器人、智能切割槽钻机等设备，全力减少井下作业人员，提供生产效率；
- 井下有轨运输推广应用远程遥控和全自动无人驾驶技术，实现远程放矿、运输、卸载环节的智能化与无人化，提高运输效率和运输过程安全性，减少现场人员；
- 大力推广自动化控制技术，全面实现提升、通风、排水、压风、供电、充填、选矿等系统的自动化控制和现场无人值守，实现大工艺环节的全流程闭环自动化与智能化控制，提高整体生产效率，提升矿山的安全性；
- 推行按需通风、智能通风，提升采场等生产区域环境质量和安全性；
- 大力推行装备的智能故障诊断和预维护技术，降低设备的故障率和维护成本，提高装备的寿命和连续作业能力。

运营管理

- 依托ERP（企业资源计划）、MES（管控一体化系统）等信息化平台，实现管理的高度集成化、协同化、实时化和统一化，大幅提升决策的高效性和准确性，为生产运营提供可靠的支撑；
- 信息化系统覆盖广，矿山生产各个环节基本实现信息化与自动化，建有统一的数据存储和管理系统，实现数据不落地，基本消除“数据孤岛”，保障数据的一致性和广泛的共享性；
- 生产调度管理高度集中化，岗位设置精炼，人员专业，管理效率高。



2020年4月，工业和信息化部、国家发展改革委、自然资源部等三部门联合公告了《**有色金属行业智能工厂（矿山）建设指南（试行）**》。指南中明确提到：

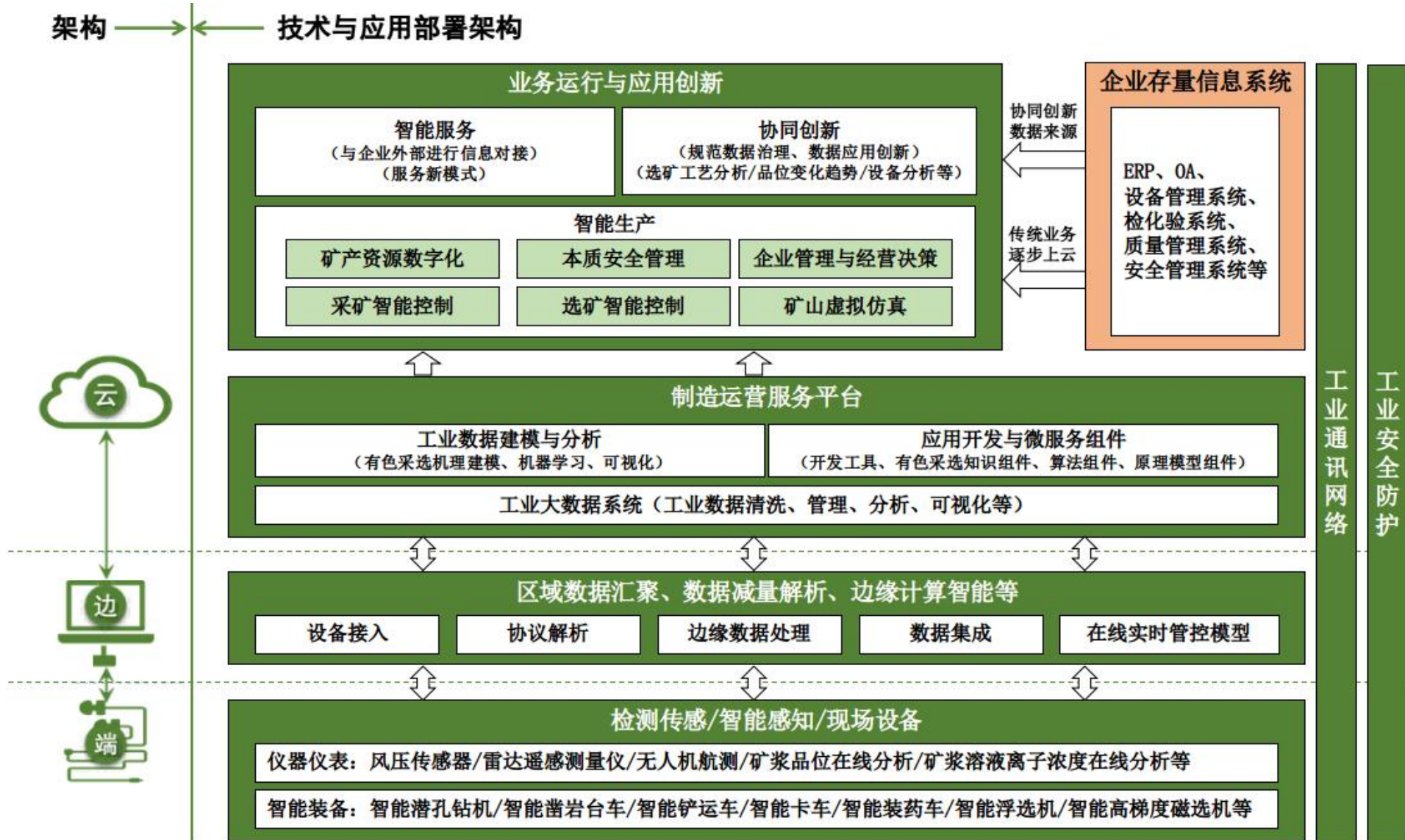
结合我国有色金属矿山开采环境复杂、安全管理压力大、多元素资源共生等特点，在矿山已有自动化、信息化建设基础上，推进物联网、大数据、人工智能、5G、边缘计算、虚拟现实等前沿技术在有色金属矿山的应用，建成**本质安全、资源集约、绿色高效**的有色金属智能矿山，促进企业转型升级、高质量发展，全面提升企业的综合竞争力和可持续发展能力。



智能化转型建设参考框架



北矿智能
BGRIMM IM





智能化 转型路径

顶层设计与战略规划

夯实数字化基础

构建智能化生产体系

数据赋能与智能进化



一、统筹规划、统一架构

结合矿山企业实际情况，加强顶层设计，制定总体的智能矿山战略规划，集团、股份、企业各级要明确定位，设定3-5年分阶段目标；总体规划、分步实施。

二、需求导向、融合创新

系统梳理矿山智能化需求，实现大数据、人工智能、机器人、大模型等新技术与传统矿山行业深度融合。

三、结构完整、覆盖全面

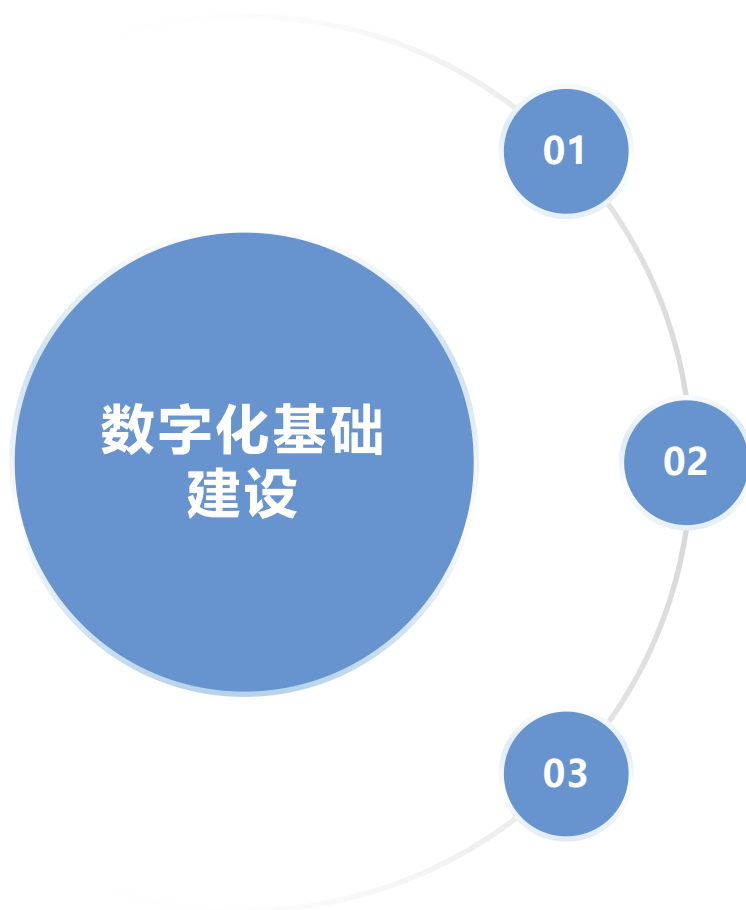
涵盖智能化矿山设计、建设、运行全生命周期，从开采工艺、技术装备、数据治理、安全保障等多维度，构建完整的矿山智能化体系。

四、开放合作，动态完善

汇聚企业、科研院所等各方力量，发挥各自优势，凝聚共识，持续迭代，不断完善，提升矿山智能化水平。

五、组织建设，保障到位

结合企业实际情况，明确智能化转型工作职责分工，配备专业人才队伍，完善考核激励机制，确保资源投入到位，为战略实施提供坚实保障。



网络等信息化基础设施建设与升级

- 整体规划部署工控网、管理网、视频网等网络；
- 根据需要配置服务器、存储系统、显示系统、操作终端等数字化设备；
- 对不满足智能化系统需求的老旧网络升级改造；
- 聚焦内外网安全，重点关注工业控制网安全防护建设。

设备数字化改造与升级，使其具备数字化感知与通信能力

- 采选设备数字化；
- 辅助设备数字化；
- 信息设备设施建设：定位系统、可穿戴智能设备、检测巡检设备等。

数据治理与标准化体系建设

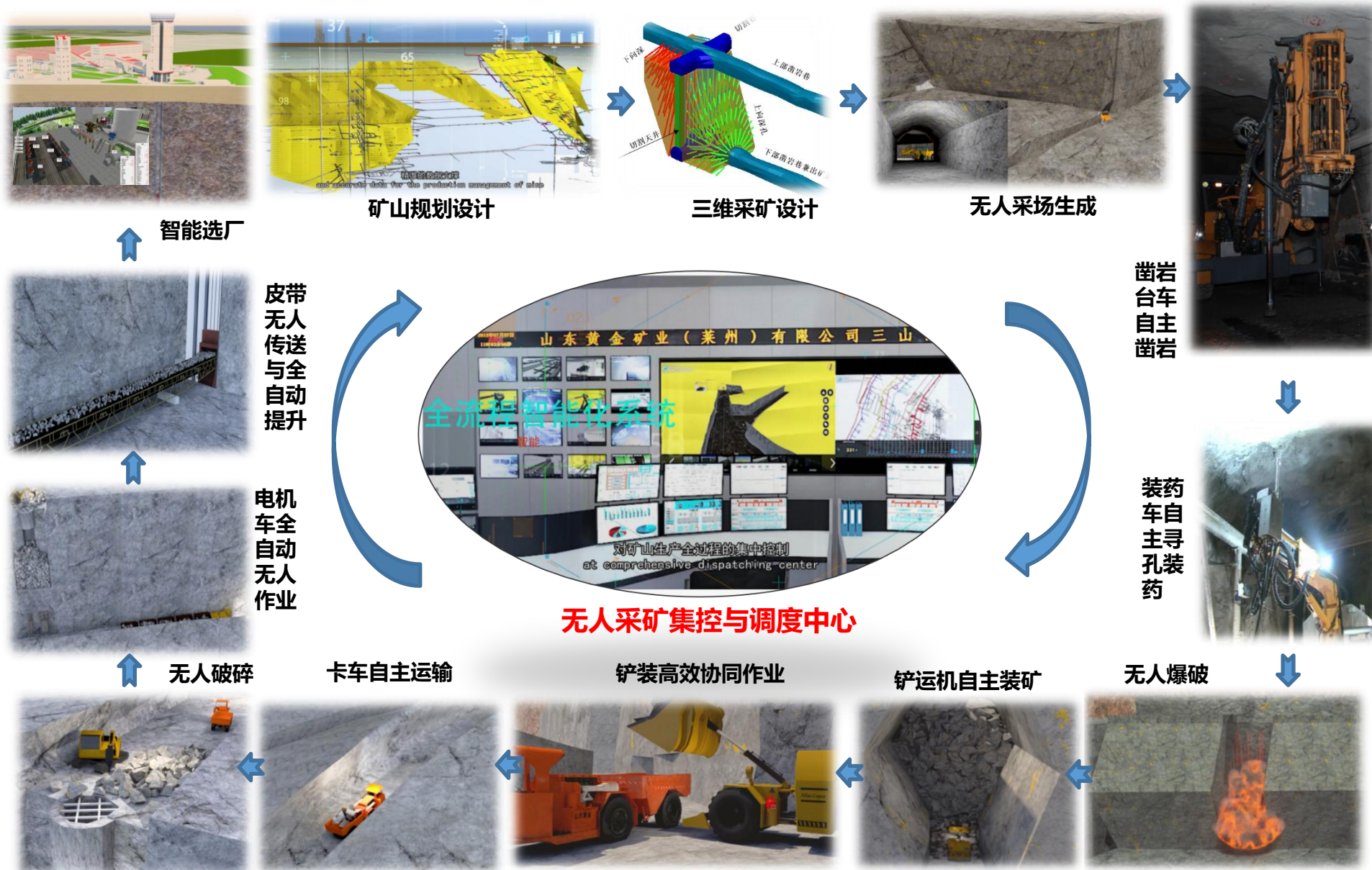
- 开展企业数据治理，打通数据孤岛，建设主数据管理系统；
- 建设企业标准化体系，包含但不限于数据采集、编码、存储、管理、应用等各类标准，各类系统应用规范等。



智能化转型路径 - 构建智能化生产体系

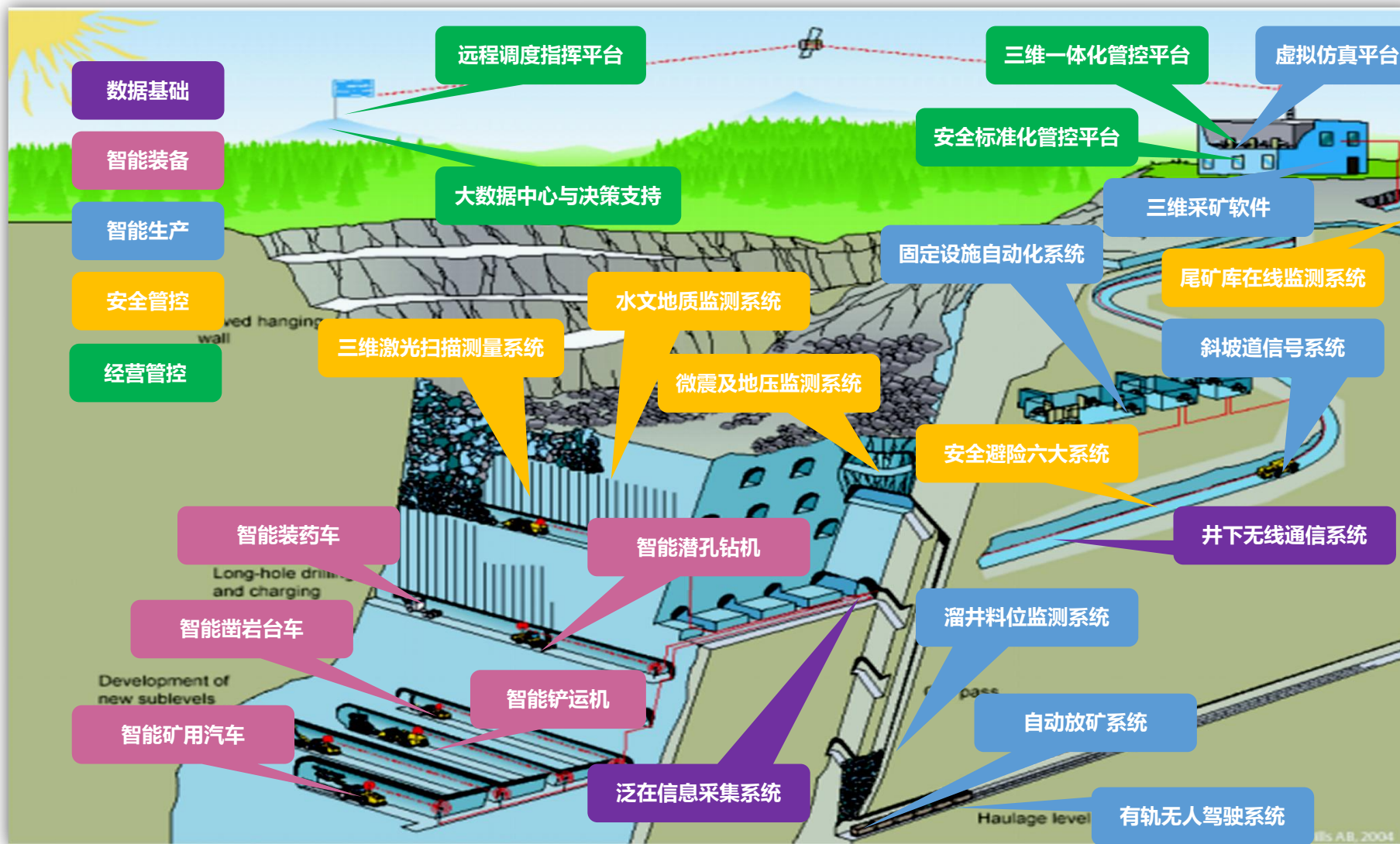
围绕“**矿石流**”的全流程的少人化乃至无人化

基于数智化的全要素的**综合管控与调度**





智能化转型路径 - 构建智能化生产体系





01

我国矿产资源发展现状及挑战

02

矿山智能化转型升级路径

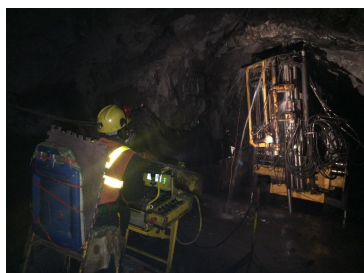
03

矿山智能化转型关键技术与应用

04

典型案例分享

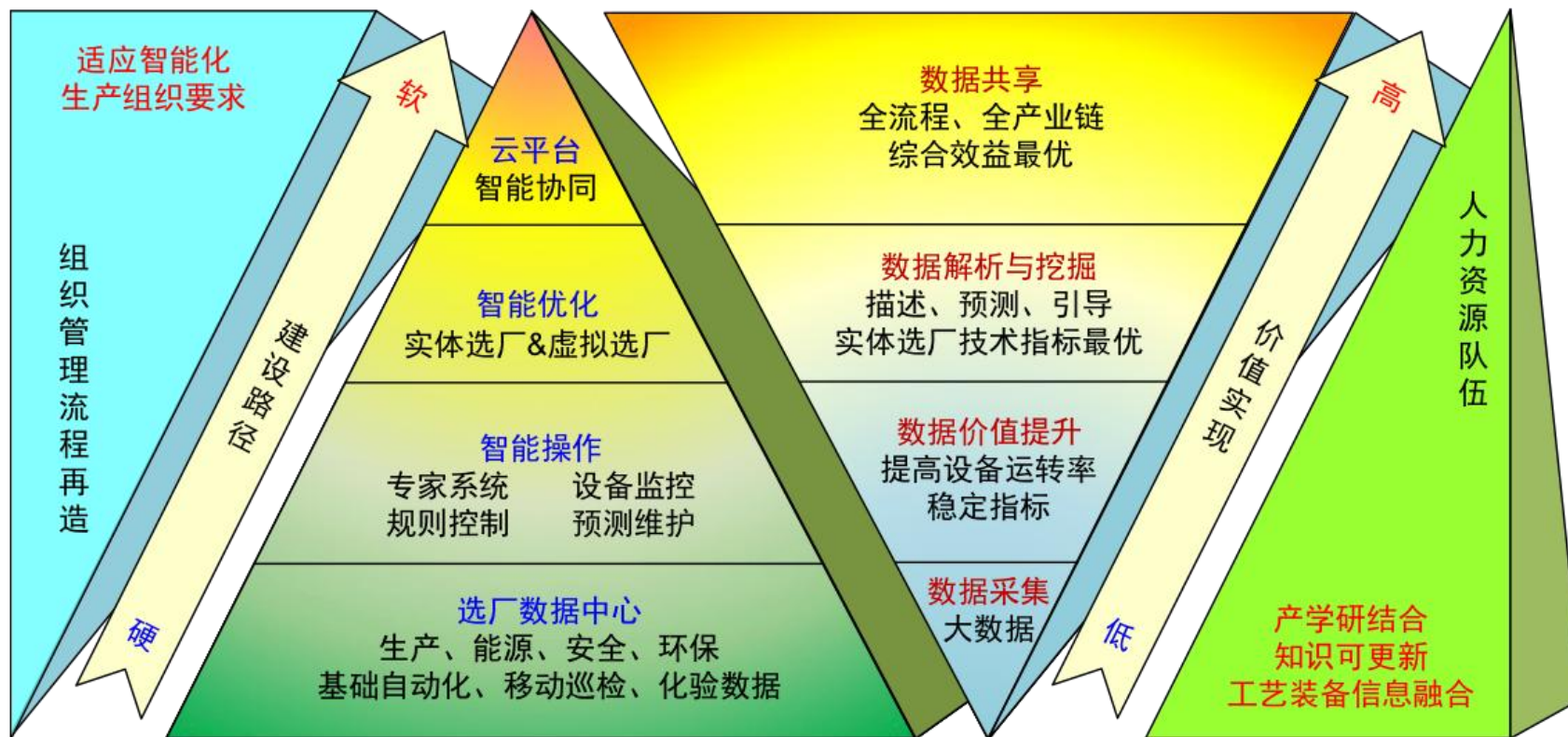
采用人工智能、物联网、大数据、5G等技术，开发出**地下铲运机无人驾驶系统、电机车无人驾驶系统、溜井破碎机无人作业系统、矿山生产实时管控系统、井下精确定位与导航系统、矿山高速无线通信系统、矿山安全防碰撞系统、斜坡道信号系统、固定设施无人值守与智能优化系统等智能采矿成套系统**，系统先后在**宝武集团、金川集团、江钨集团、紫金集团、中国有色、中国黄金、山东黄金、新疆有色**等集团下属矿山企业进行了应用，显著减少了井下作业人员，提升了劳动生产率，优化了生产调度，降低了生产成本，保障了生产作业安全。





技术方向2 - 选冶智能化技术及装备

利用**智能制造**与**现代信息化技术手段**，通过建设和提升**数据采集平台**、**智能操作选厂**、**虚拟选矿厂**及**云服务系统**，进一步实现选矿装备、工艺、自动化与信息化智能化的深度融合，提高选矿生产设备和过程可靠性，以及过程自动化和操作智能化程度，从而稳定和优化流程，减员增效，提高技术和经济指标。

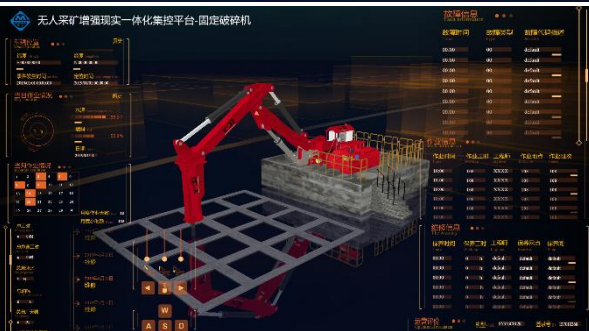
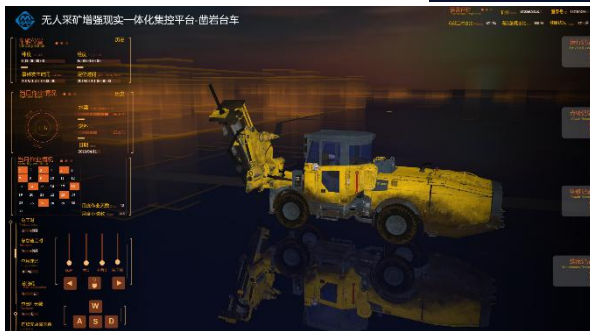
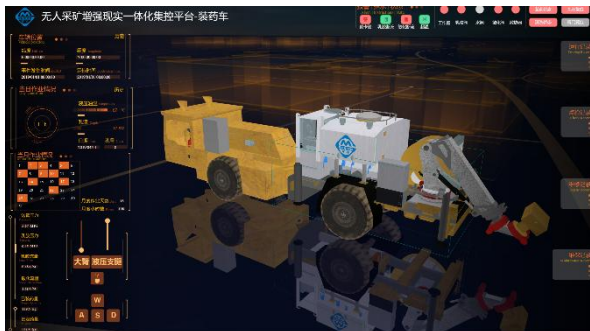
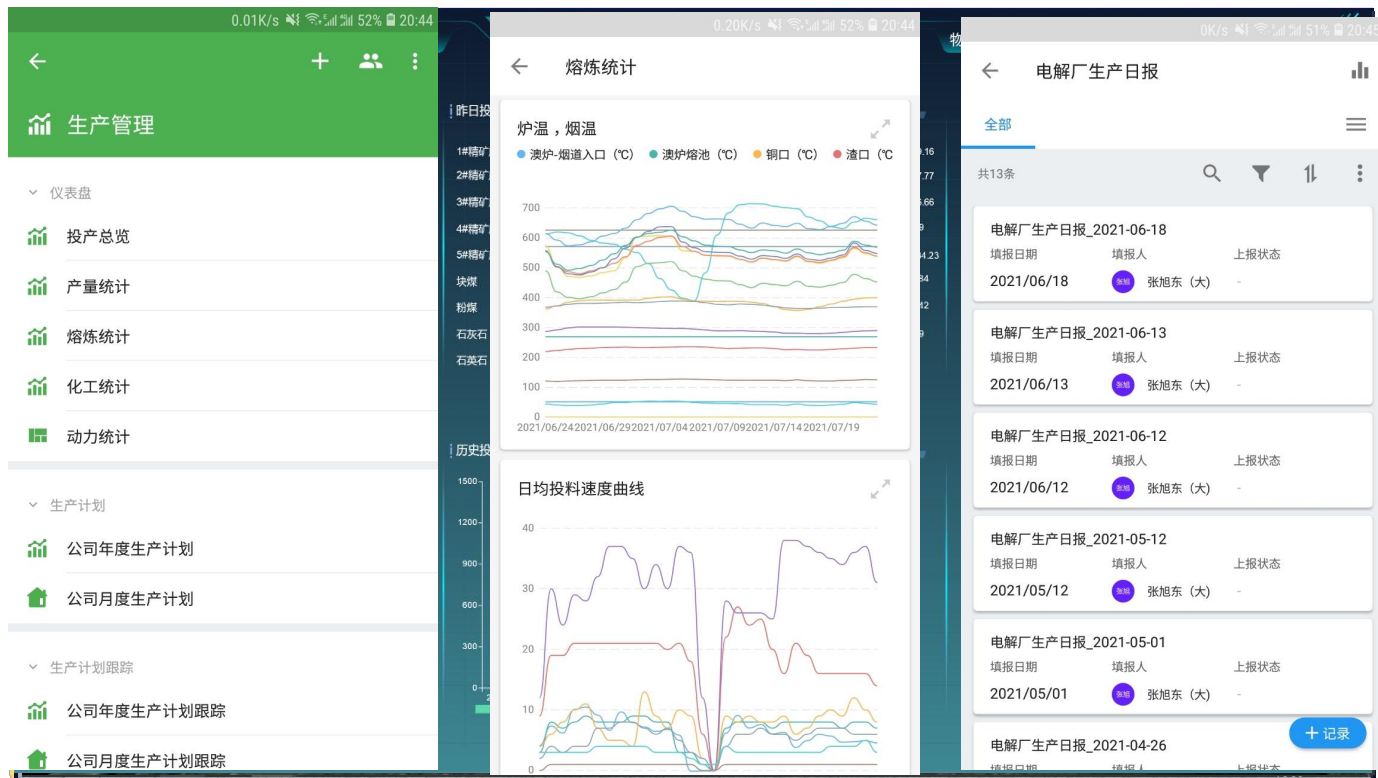




技术方向3 - 矿冶网络协同制造技术

采用**工业互联网、数字孪生、物联网与大数据、模型分析**等技术，面向矿山、冶炼企业工艺技术、生产装备、生产效率、质检化验、管理服务、经济效益等方面管控需要，开展贯穿设计、供应、生产、库存和销售等全链条的采选冶协同生产新模式建设，促进矿业数据的开放流动和深度融合，推动各类矿业资源的优化集成和高效配置，加速矿业生产数字化、网络化、智能化发展，支撑矿业企业各种新业态和应用模式，系统在**新疆有色、宝武集团、江钨集团**等企业进行了应用，有力推动企业转型升级和提质增效。

矿冶生产管控平台整体架构图及应用场景





关键技术 - 矿冶在线检测分析技术



国产化替代80%
进口产品销售价格降低50%

载流X荧光品位分析仪



泡沫图像分析仪



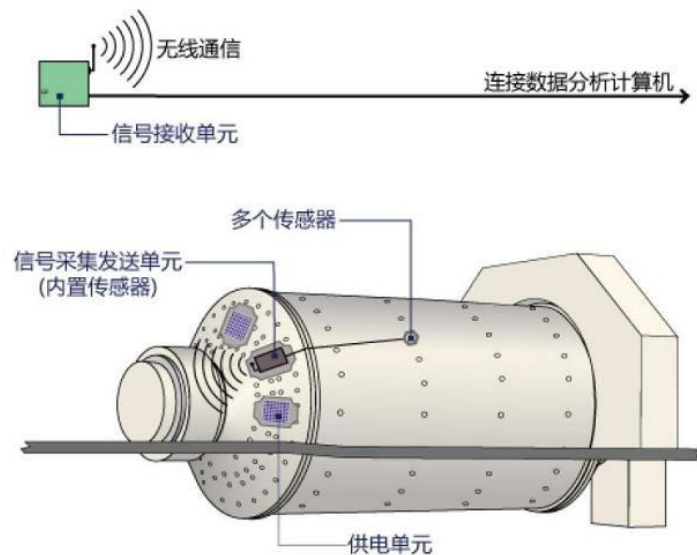
离子浓度在线分析仪

成体系在线检测装备



关键技术 - 矿冶在线检测分析技术

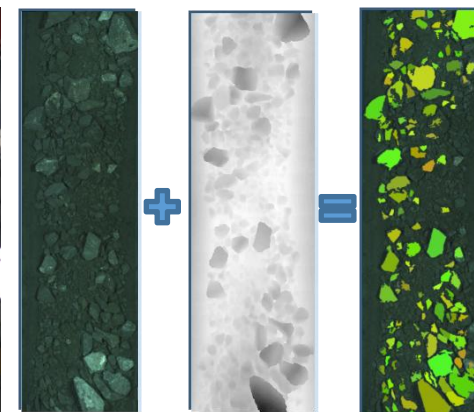
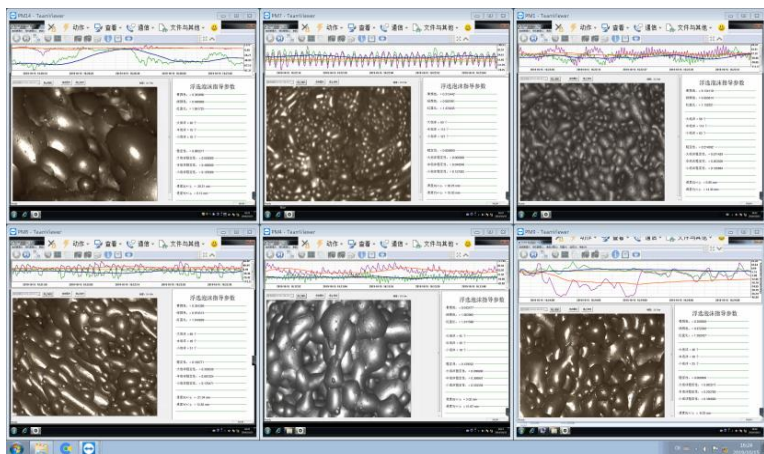
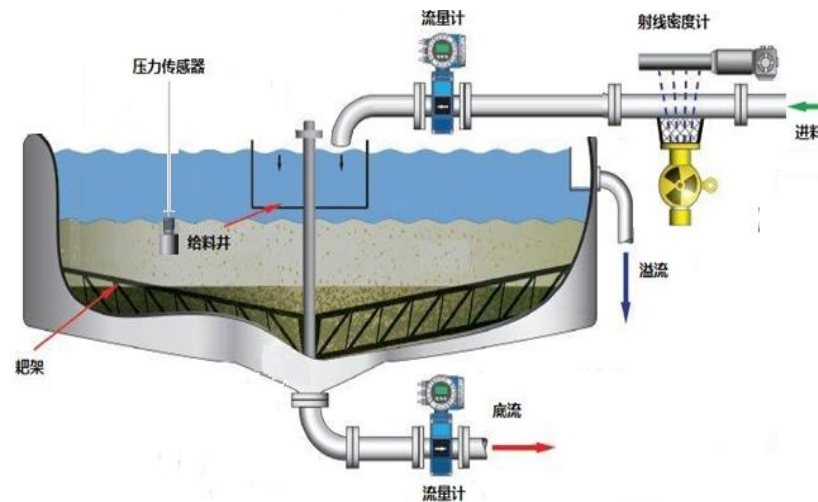
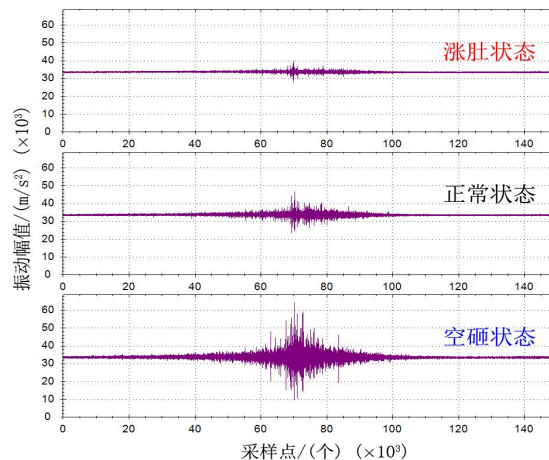
★磨机负荷监测



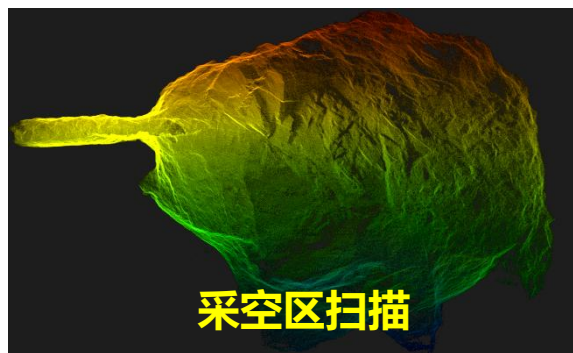
★浮选泡沫分析

★浓密机压力监测

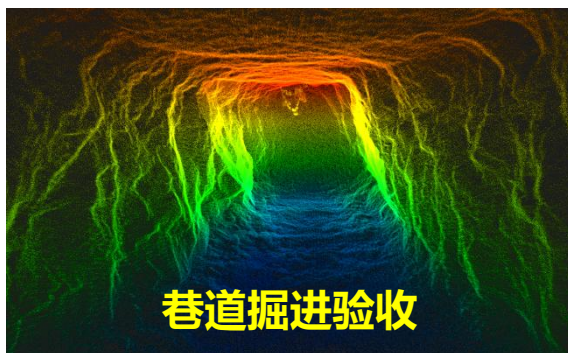
★矿石块度分析



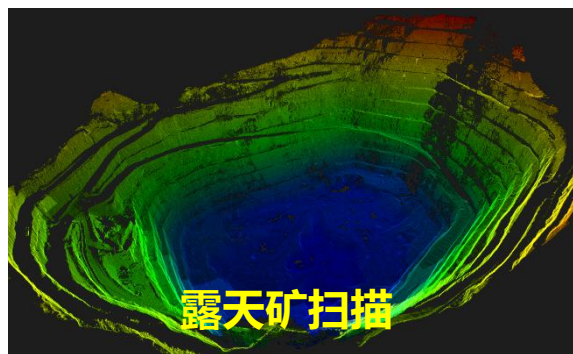
三维激光扫描测量系统



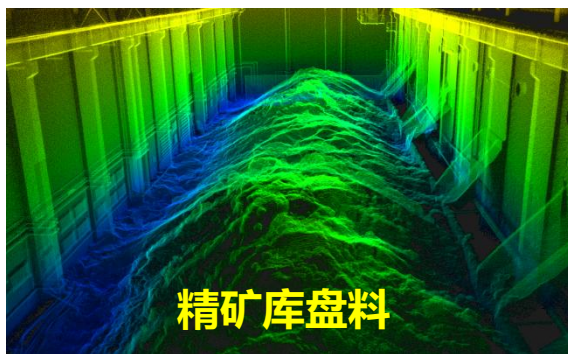
采空区扫描



巷道掘进验收



露天矿扫描



精矿库盘料

矿山
精细
开采

数字
矿山
建设

安全
风险
管控

采场边界获取

爆破效果评估

损失贫化控制

充填量统计

空区冒顶

地表塌陷

溜井垮塌

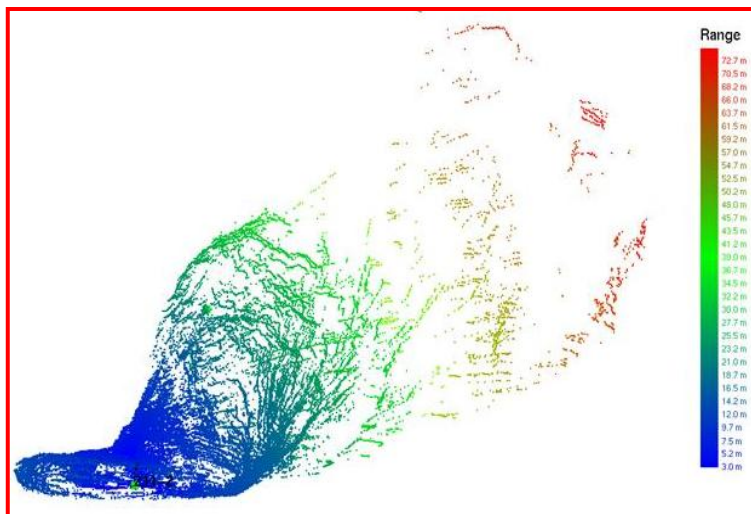
空区片帮

通过**三维激光扫描测量技术**获取矿山采空区、井巷工程、露天边坡等三维数据，为地下空间三维数字化建模、井巷掘进效果评价与验收、井筒垮塌形态检测与评价、露天边坡形态测量、矿堆形态快速测量、空区形态快速测量、点（条）柱形态精准测量、采场爆破效果评价提供数据支撑

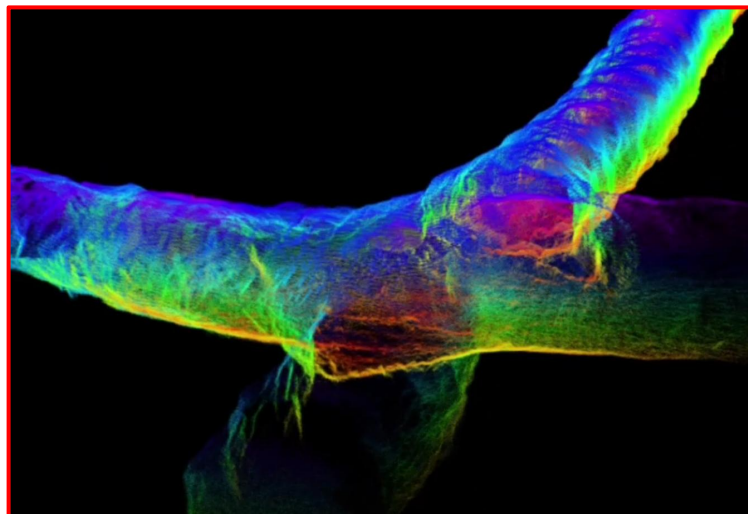
三维激光扫描技术及装备的发展趋势



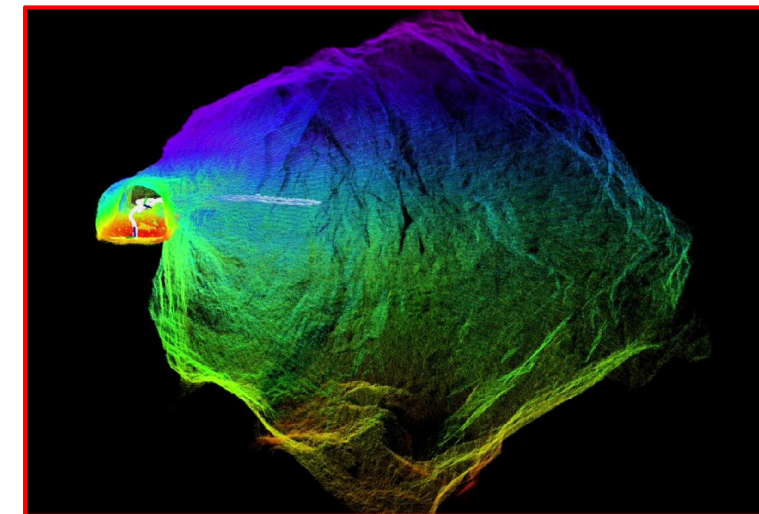
固定式三维激光扫描仪



移动式三维激光扫描仪（手持）

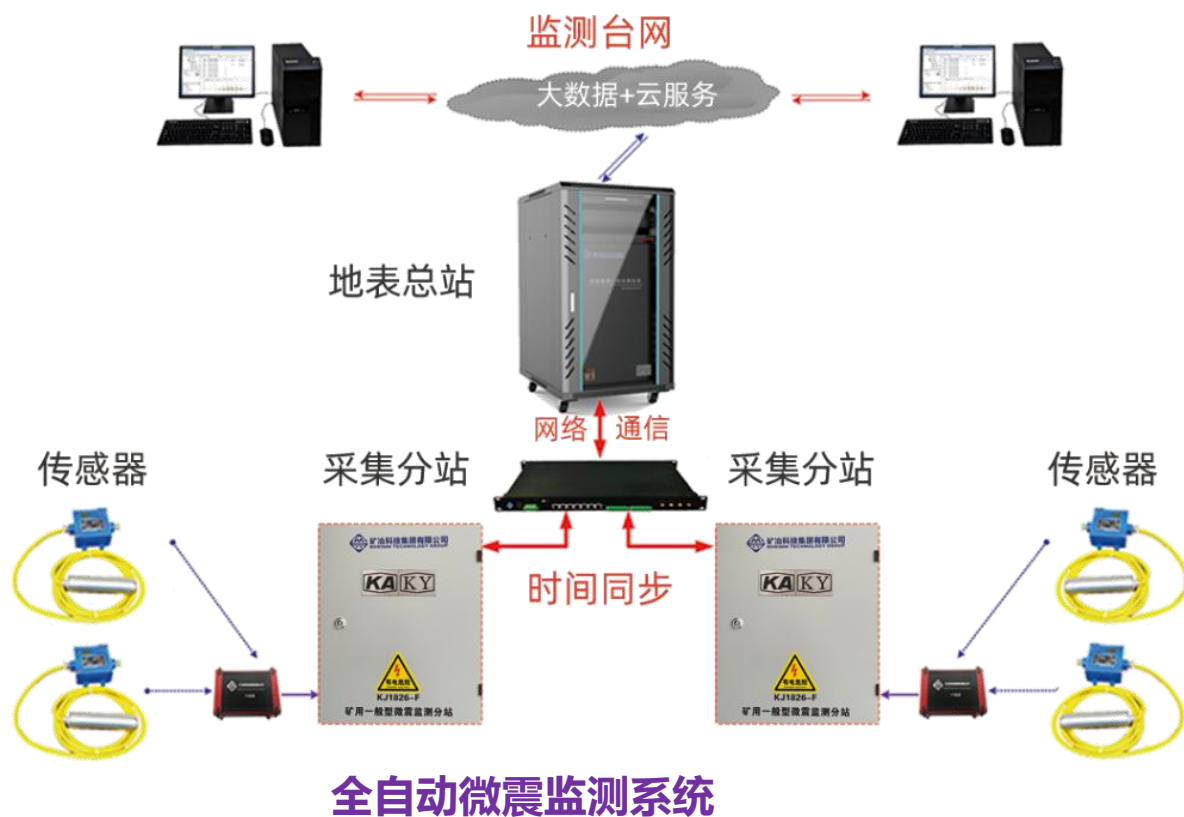


移动式三维激光扫描仪（自主飞控）



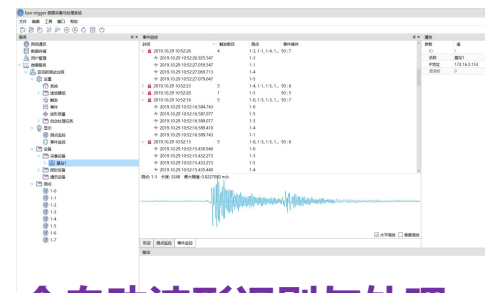
微震监测技术及系统

能够实时、动态、连续监测的波形自动识别的微震监测技术及系统

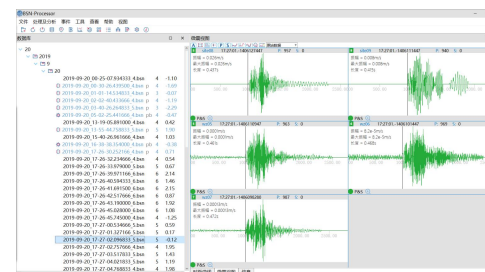


硬件

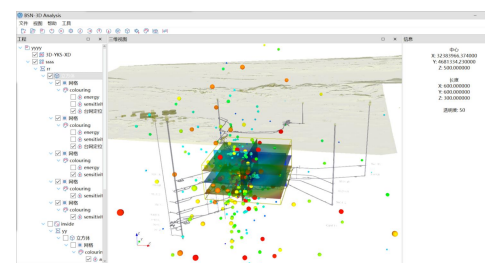
软件



全自动波形识别与处理



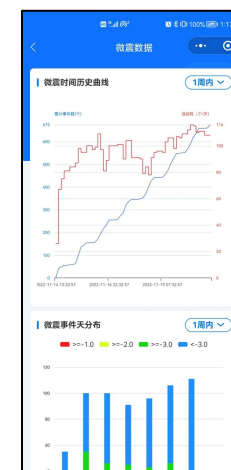
震源智能分类与定位



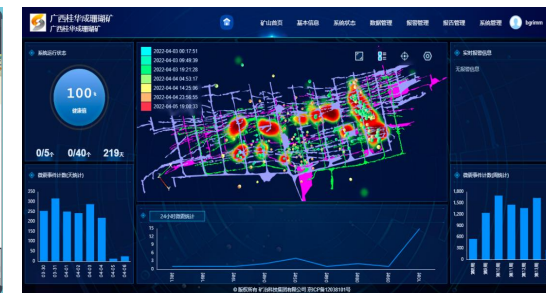
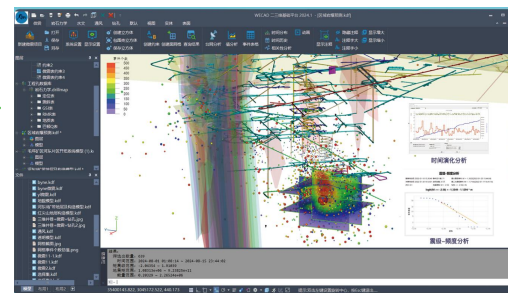
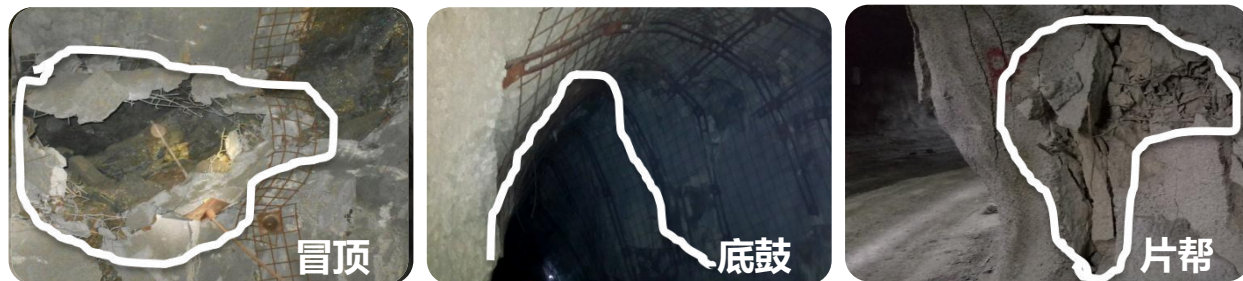
多源互馈可视化分析



移动端



微震监测技术及系统



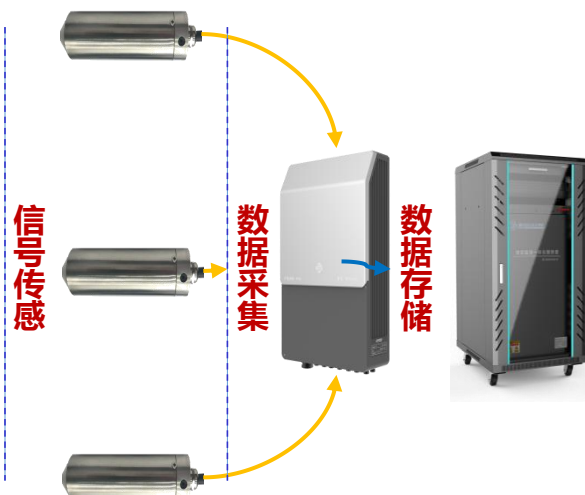
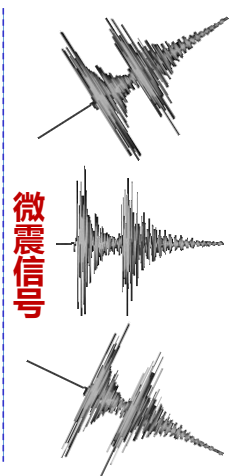
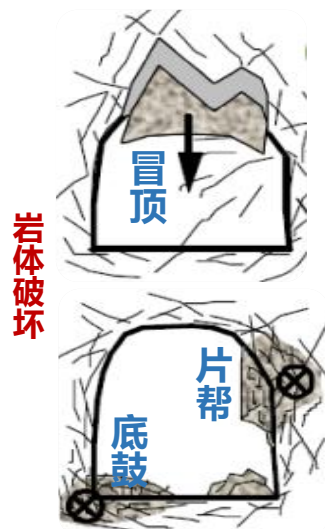
边端智能识别——云端实时发布

多源信息融合——实时互馈分析

(1) 状态监控与故障诊断:

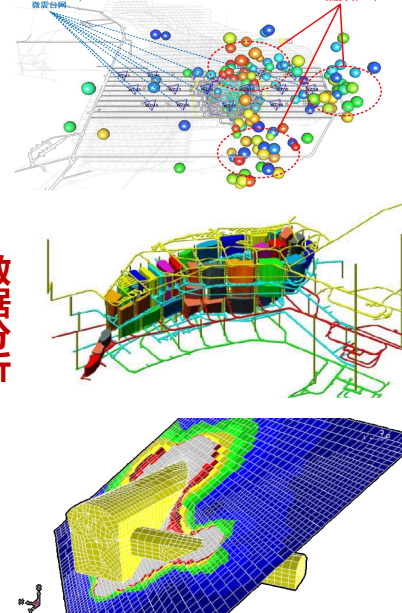
传感器状态 → 信号传输状态 →

地下矿山微震信号的处理全流程



数据传输状态 →

网络通信状态



(2) 自动处理与自动识别:

信号自适应触发 →

自动配对 →

波形自动分类 →

自动定位 →

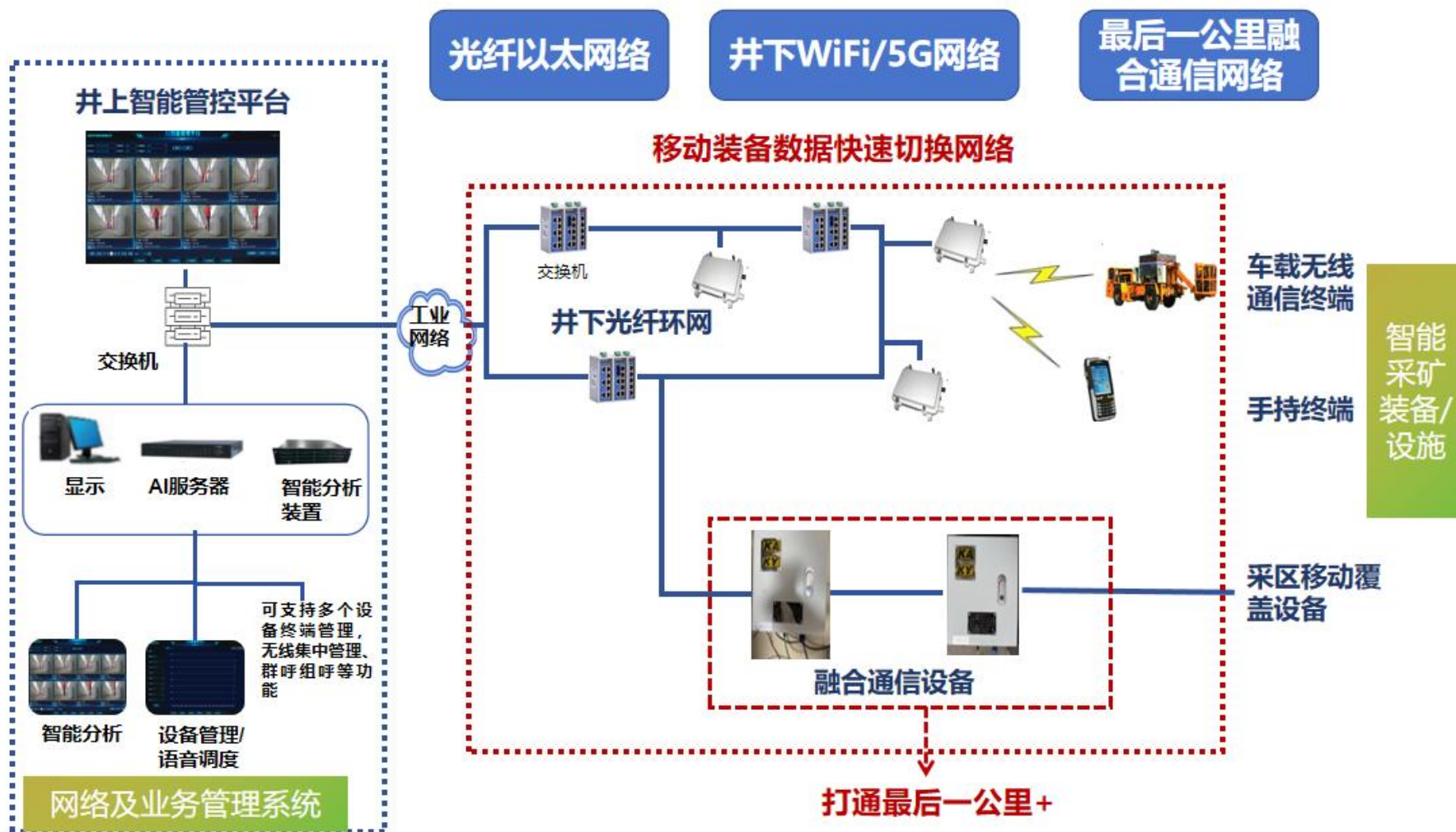
实时发布 →

自动报告



关键技术 - 基于快速切换的井下融合无线通信技术

采用5G/WiFi/融合通信等技术，打通数据传输“高速公路”，解决**最后一公里**难题。

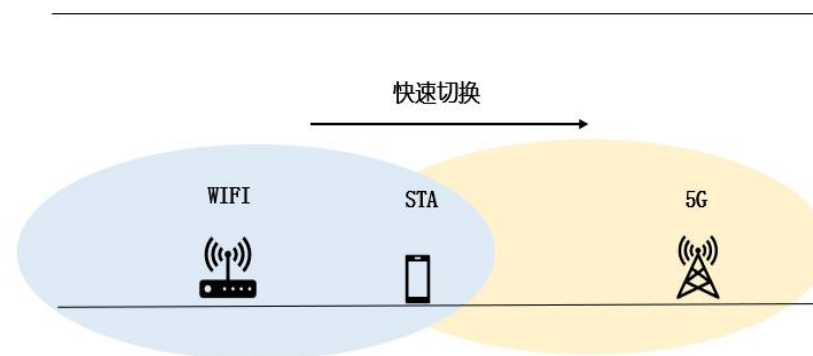
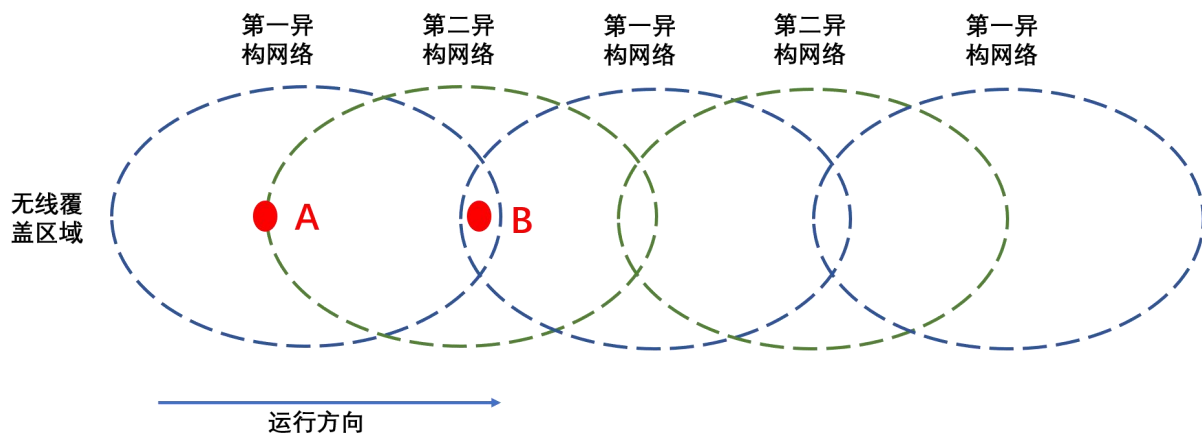




关键技术 - 基于快速切换的井下融合无线通信技术

井下移动设备异构网络通信技术应用

异构网络主要兼容多个无线网络协议，**实现异构无线网络在工业网络中冗余传输的要求**。基于该技术的井下通信网络终端，**可以兼容WIFI5、WIFI6、4G、5G等主流无线网络协议，同时兼容标准以太网协议**，实现异构网络集成，提高网络利用率。同时，**相比于单无线网络，异构网络更加稳定可靠，异构网络则可以进行两路链路传输，当一路的无线在漫游切换时，另一路仍然可以稳定传输数据。**



最后一公里通信与监控系统

井下智能视频管控平台



网线

工业网络



显示

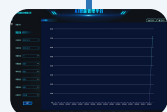


AI服务器

视频智能
分析装置

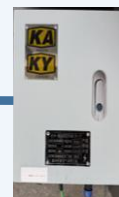


智能分析



平台管理

✓多个视频终端管理，无线集中管理、群组呼等功能



融合通信设备

打通最后一公里+

采区通信与视频监控设备



实现井下采区通信联络与监控，
有效提高企业安全管理水平。



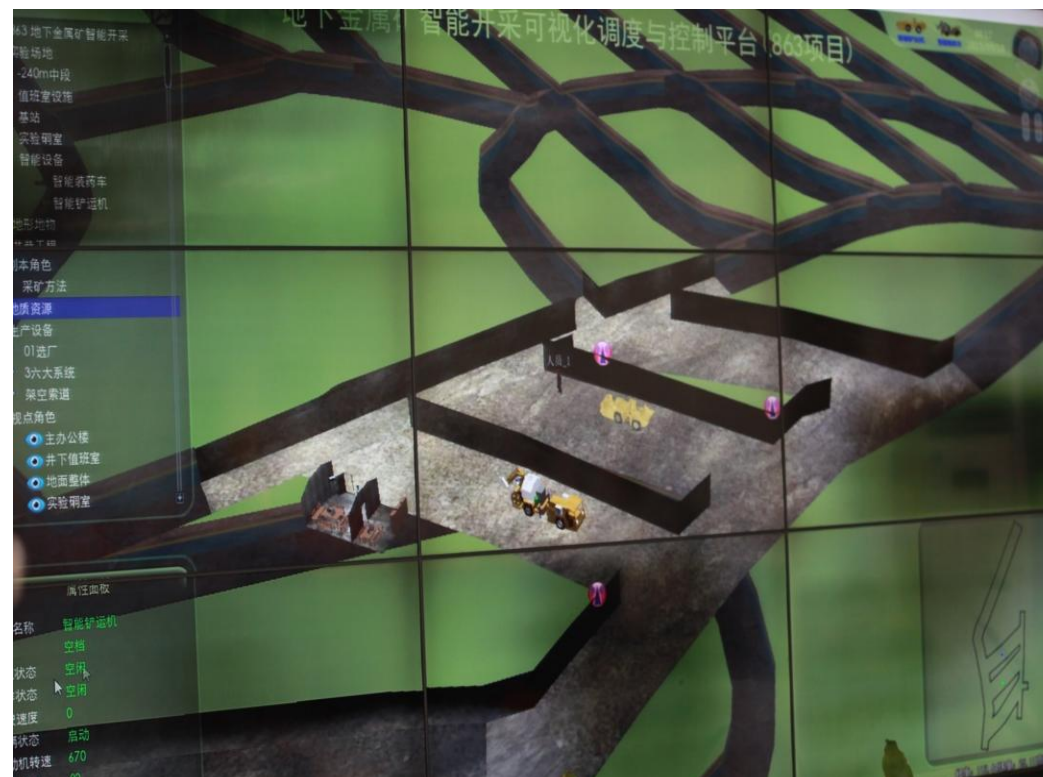
地下空间的“北斗”定位与导航系统



车载定位终端



固定定位基站



矿山定位导航电子地图



关键技术 - 矿冶装备智能化技术及工业机器人

无轨智能采矿装备



智能矿用铲运机



矿山智能装药车



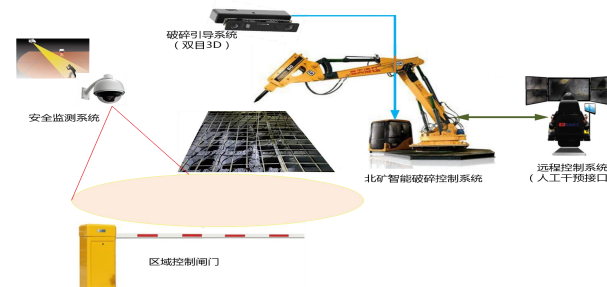
智能矿用卡车



矿山中深孔全液压凿岩台车



矿山高气压智能潜孔钻机



破碎机智能作业系统



无轨智能采矿装备



智能矿用铲运机



- ◆ 地下智能铲运机，可实现：
 - 视距遥控/远程遥控等现场无人作业；
 - 自主行驶，自动定位卸载；**
 - 自动称重计量；**
 - 安全管理等功能；
 - 新能源**地下智能铲运机已在个别矿山开展了试点应用。



矿山中深孔全液压凿岩台车



无轨智能采矿装备



智能矿用铲运机



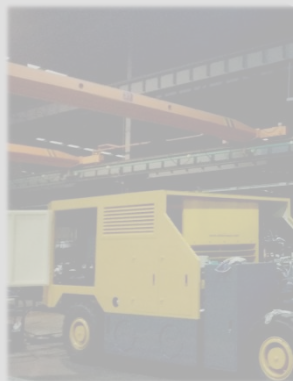
矿山智能装药车



智能矿用卡车



矿山中深孔全液压凿岩台车



矿山高气压

- ◆ 矿山智能装药车，通过数字化爆破设计，构建多元信息融合的井下上向扇形炮孔位置与方向精确识别系统，实现地下装药车**视距/远程控制**、装药机器人**自主寻孔**、装药系统**智能化装药**作业。有效提升爆破环节的自动化水平与作业精度，进一步推动矿山智能化升级。

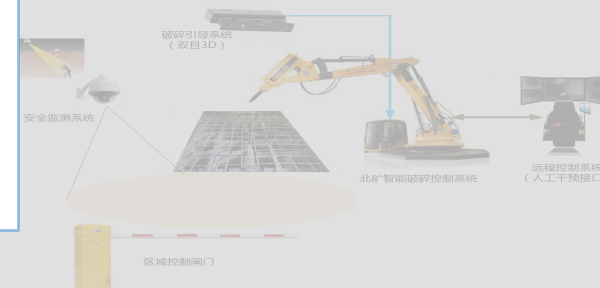


无轨智能采矿装备



智能矿用卡车

- ◆ 在智能矿用卡车方面，已经实现了**露天矿编组无人驾驶**，实现了露天场景的无人化作业；在井下场景，也可以通过加装智能化控制系统，实现特定区域的**远程/自主行驶与运输作业**。



破碎机智能作业系统

矿山中深孔全液压凿岩台车

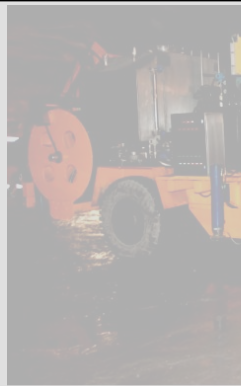
矿山高气压智能潜孔钻机



无轨智能采矿装备



智能矿用铲运机



矿山



矿山中深孔全液压凿岩台车



矿山高气压智能潜孔钻机

- ◆ 智能化凿岩采掘设备，通过数字化穿孔设计，实现**岩石特性采集、钻机高精度定位、自主导航、自主布孔、智能安全防护、自主寻优作业、智能防卡、自动接卸杆和自主故障诊断**等功能。对于部分网络未实现最后一公里覆盖的矿山来说，可以采用视距遥控驾驶的方式实现钻机控制。同时，**智能化机械式掘进装备**也在个别矿山开展了试点应用。



破碎机智能作业系统



无轨智能采矿装备

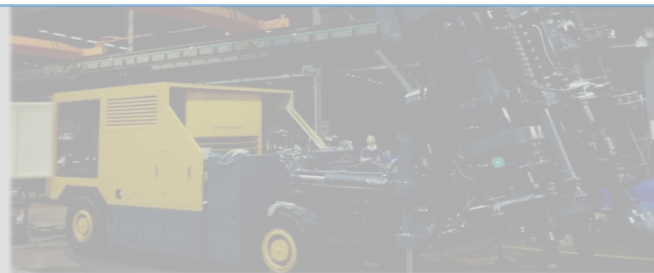
- ◆ 对于有大块和超大块二次破碎需求的矿山来说，可以通过搭建溜井破碎智能化作业系统，实现溜井二次破碎的**大块矿石高精度识别、自主破碎智能引导、辅助智能作业、分布式多破碎机的集群管控、安全防护**等功能。



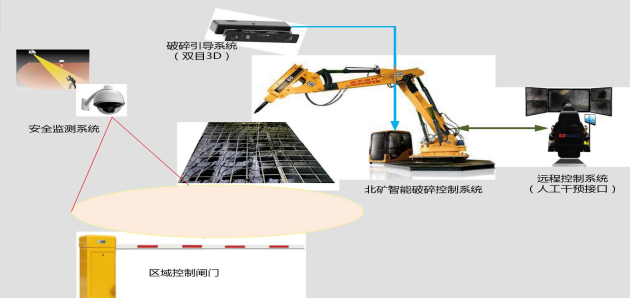
智能矿用卡车



矿山中深孔全液压凿岩台车



矿山高气压智能潜孔钻机



破碎机智能作业系统



地下有轨运输无人驾驶系统

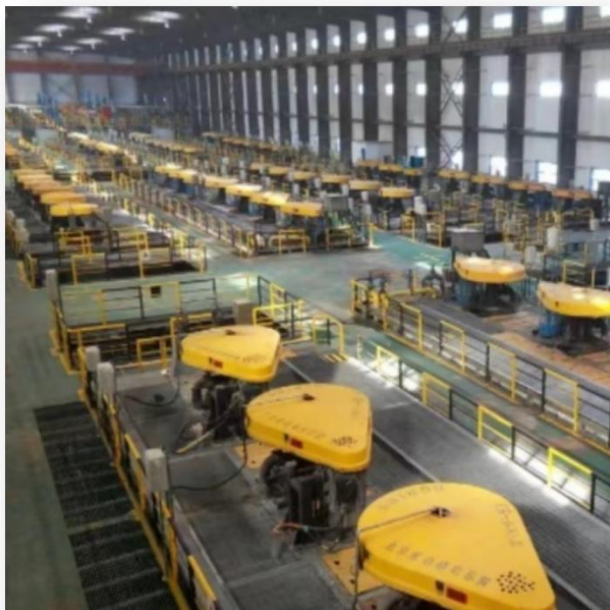
- ◆ 远程、**无人驾驶**
- ◆ 多车辆**集群控制**
- ◆ **全自动装卸矿石**
- ◆ 溜井**料位监测**
- ◆ **车辆自动调配**
- ◆ 车辆**状态监测**
- ◆ 故障**远程运维**
- ◆ 行车不行人**AI识别**



井下电机车无人驾驶系统



装备智能化技术及工业机器人增强自主装备国际竞争力



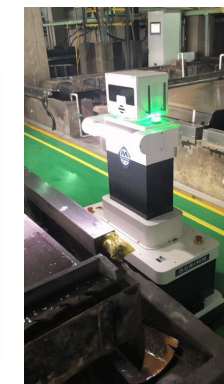
**50立方米浮选机
打破国外封锁**



**世界最大680立方米
智能浮选机**



智能剥锌机器人



系列巡检清理机器人



井下固定设施无人值守技术

风机无人值守

排水无人值守

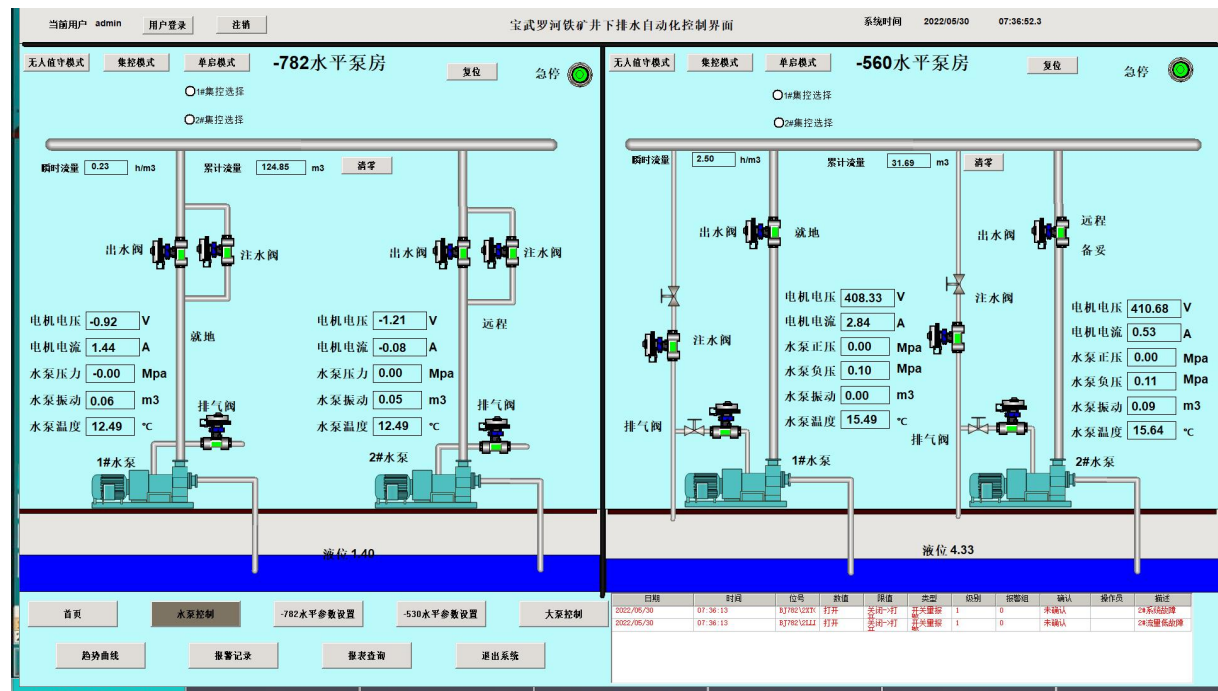
压风无人值守

提升无人值守

供配电无人值守

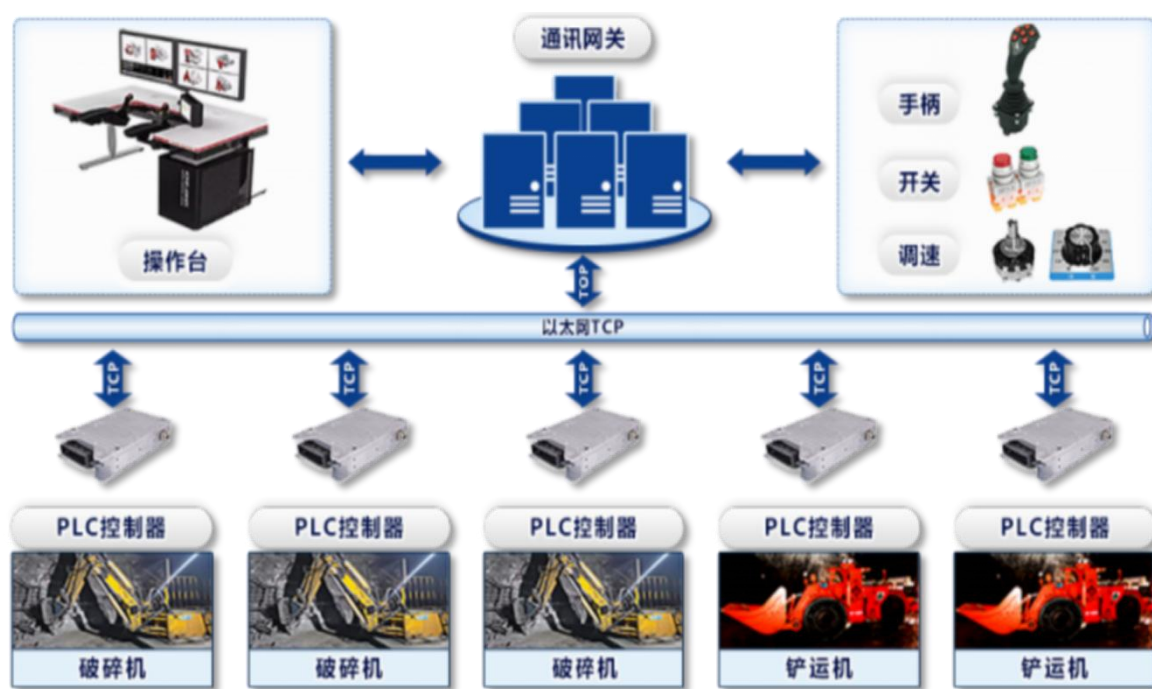
称重无人值守

变配电自动化系统

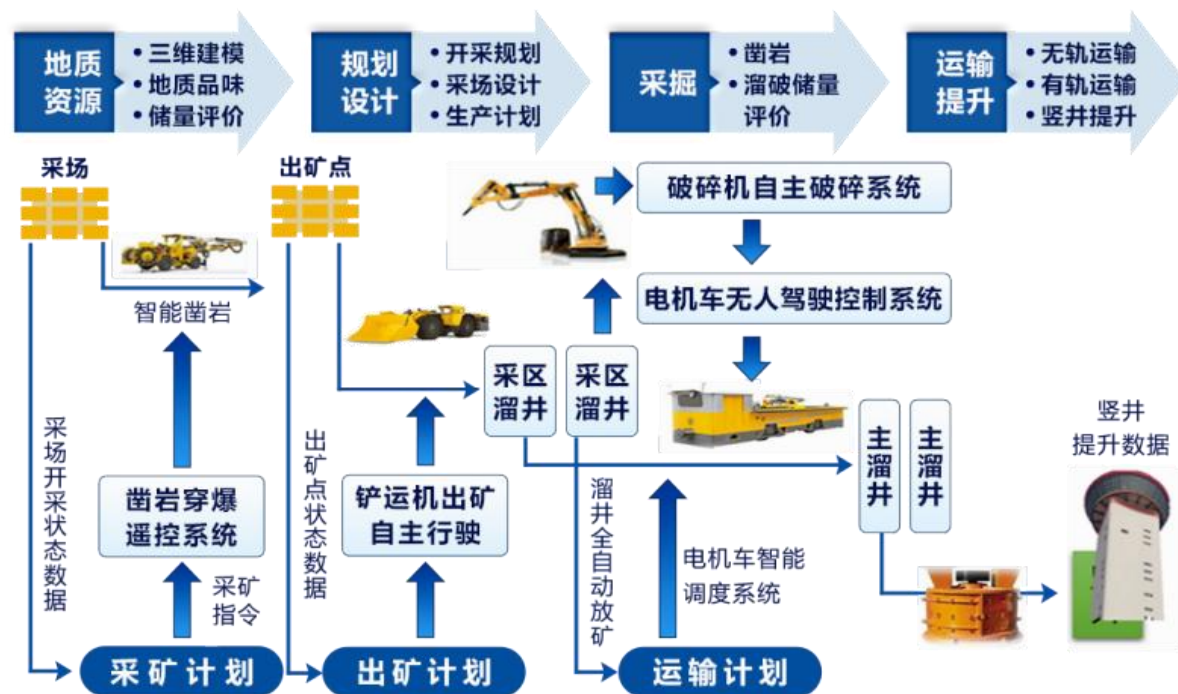


地下金属矿多装备集群管控及生产实时调度技术

建立面向矿石流的跨区域多系统多装备集群管控技术，实现多种类、多台套无人采矿作业装备在多作业区域、多生产系统并行作业状态下的集群高效管控，大幅度优化装备智能作业效率。



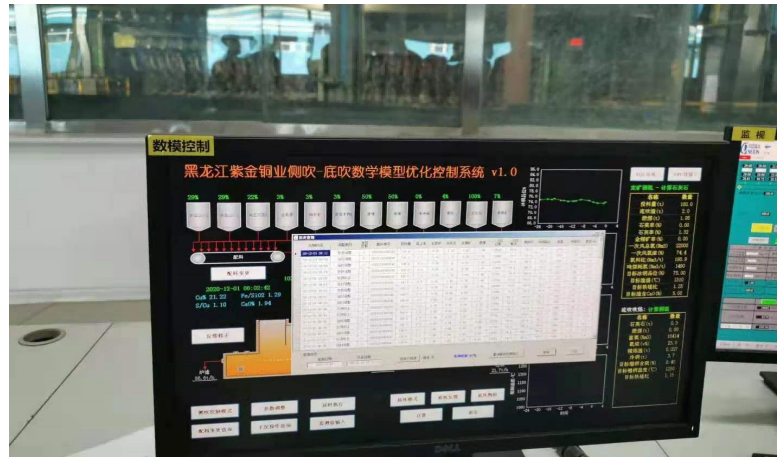
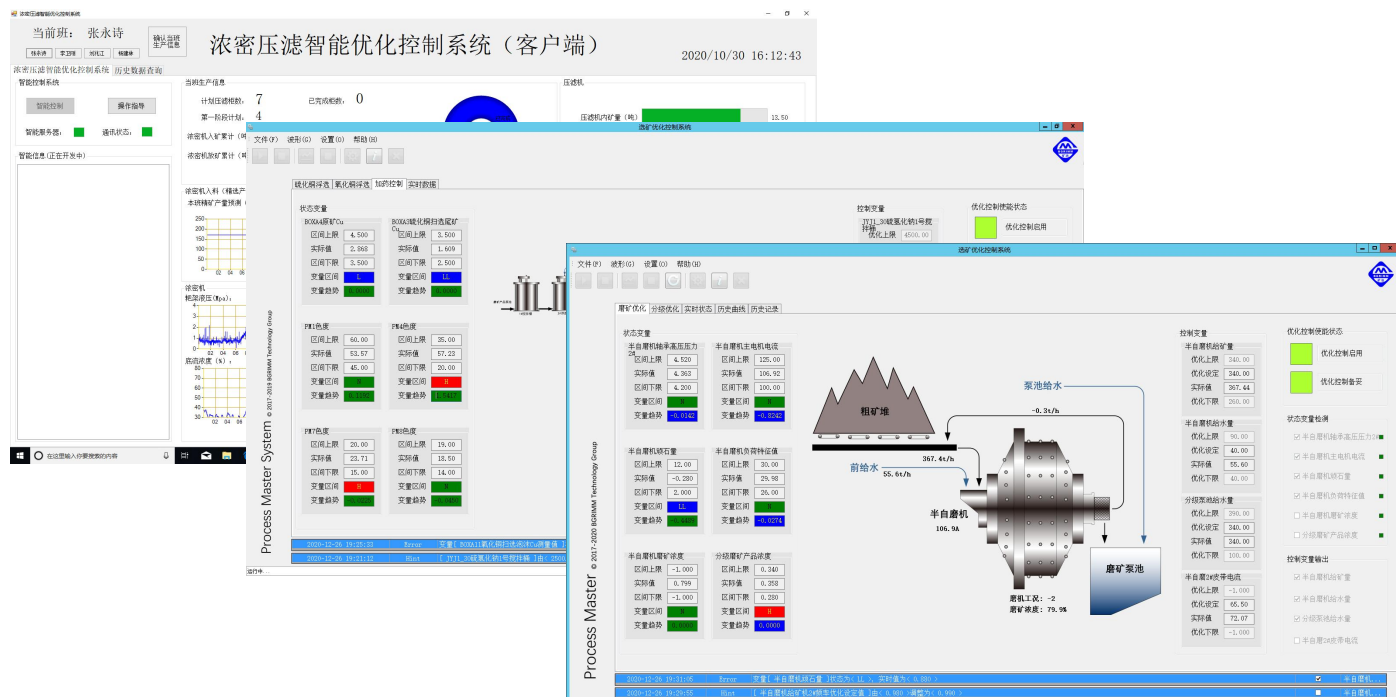
跨区域多系统多装备集群管控



采矿生产过程精细化实时管控



自主矿冶优化控制工业软件

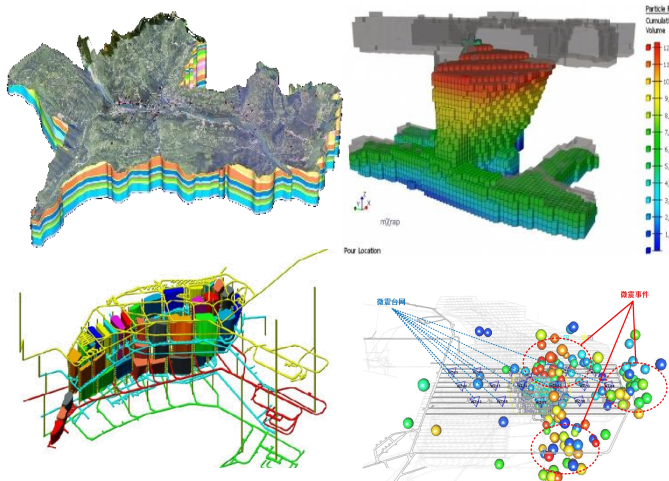




深部开采地测采及环境数智可视化分析技术

针对深部复杂开采条件及恶劣工况，基于深部开采过程地、测、采、环境等多源异构数据及模型多层次多维度的数字孪生方法，建立**矿山开采过程多元要素融合的三维数智可视化分析系统**，可实现全流程数据驱动的多元要素相互影响、相互依存、动态演化、耦合演变的透明化分析与数智化管理

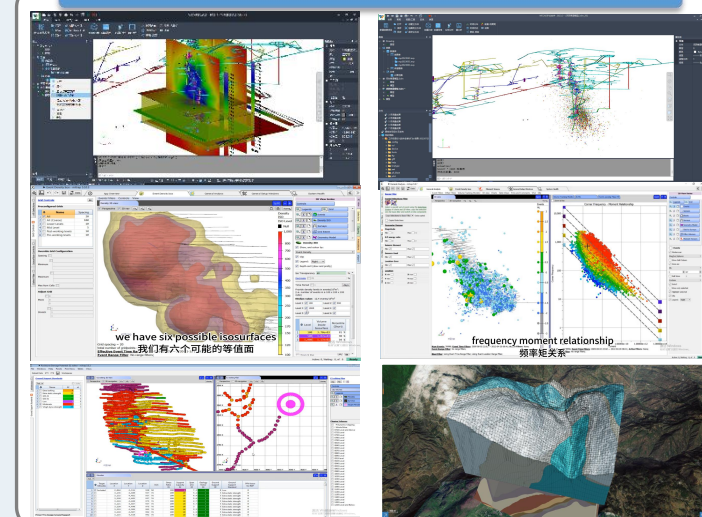
数据融合及模型构建



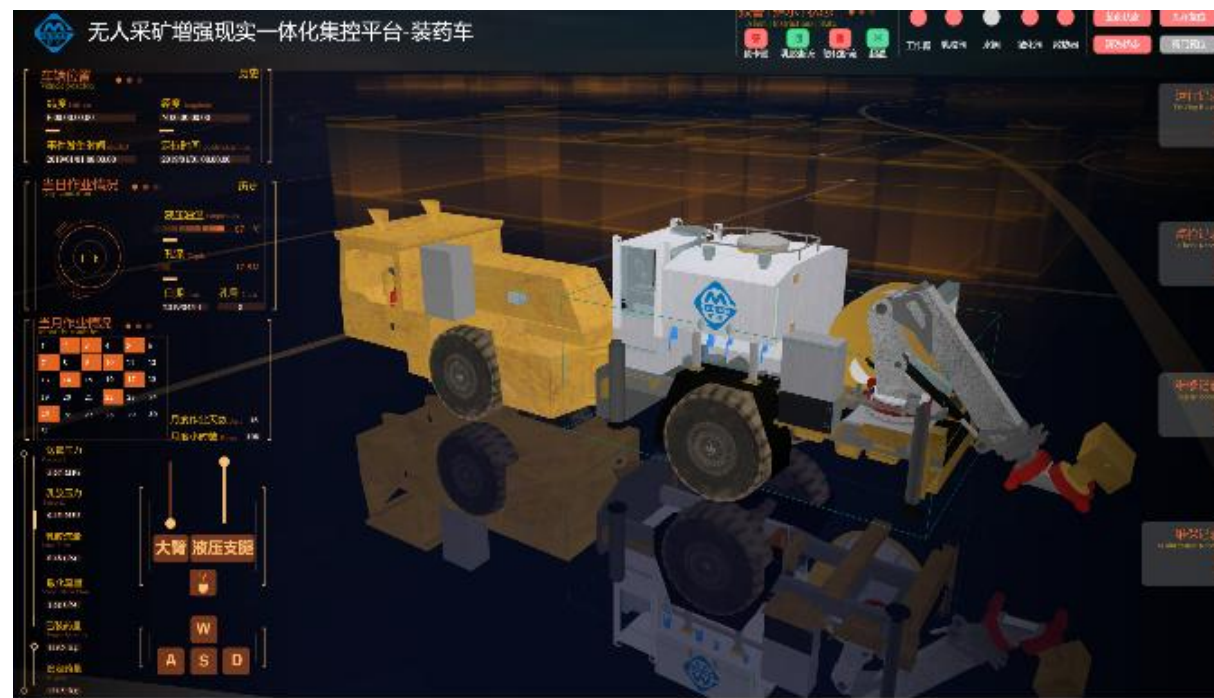
虚实联动及三维可视化



三维动态演变互馈分析



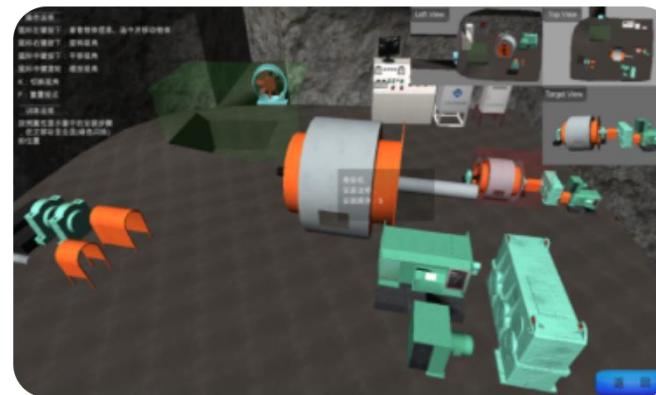
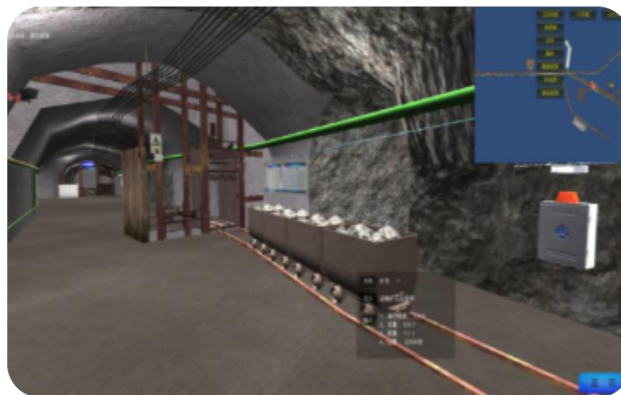
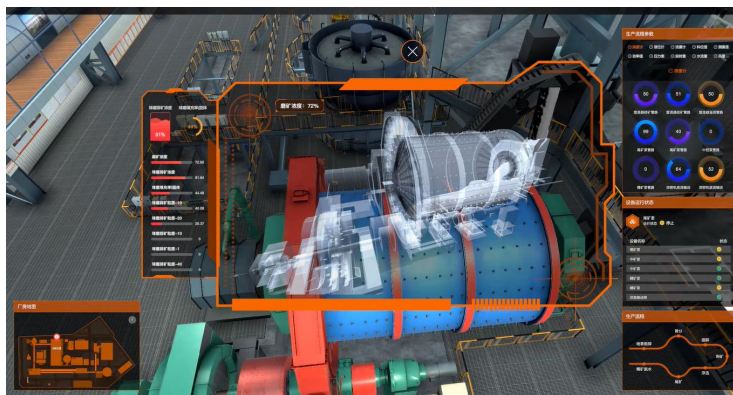
数字孪生工厂



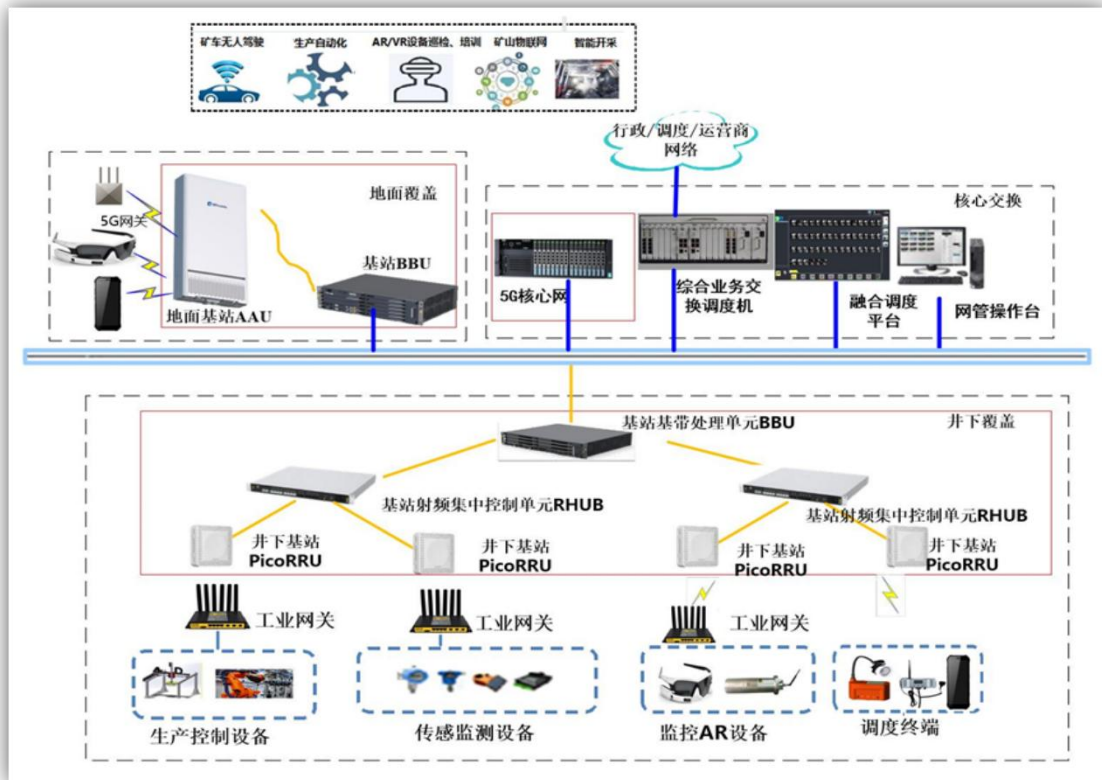


关键技术 - 矿冶过程数字孪生技术

基于VR/AR技术的矿山安全仿真与培训一体化系统



对**智能矿山**等行业智能制造相关5G网络设备进行网络安全加固，商用密码应用增强，研发符合行业智能制造要求的**商密增强5G网络设备**（基站、核心网、终端），延伸开发**行业级网络安全产品**。



序号	产品名称
1	统一身份认证与访问管理系统
2	运维安全管理与审计系统
3	安全运营与态势感知平台
4	日志审计系统
5	网络流量分析系统
6	大数据安全管控系统
7	数据脱敏系统
8	SIM卡型U盾
9	全业务域名解析系统
10	IP地址管理系统
11	DNS安全防护系统
12	工业互联网标识解析与防护系统
13	高级威胁网络防护系统
14	服务器深度安全防护
15	防毒墙网络版
16	深度威胁发现设备
17	深度威胁邮件网关
18	云手机
19	漏洞防护
20	高级威胁终端检测及响应系统
21	深度威胁分析设备
22	安全威胁治理运维
23	云安全管理平台
24	安全自动化运维平台
25	零信任访问控制系统

智能矿山数字计量技术

- ✓ 各类矿业新型**智能化系统**
指标如何检验，效果如何
评价；
- ✓ **AI算法效果、软件可信度**
如何评测；
- ✓ **新型检测计量技术如何应**
用于矿业领域；

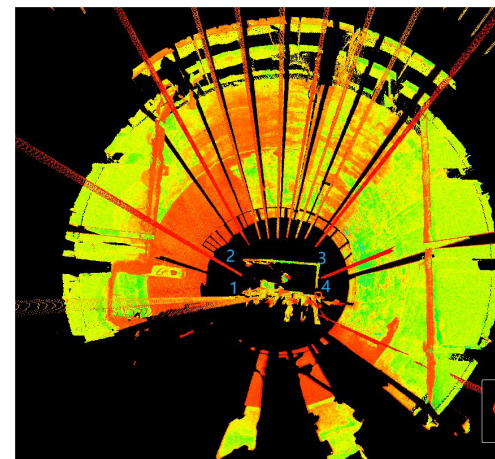
→ **高质量发展**

远控系统延迟参数测量

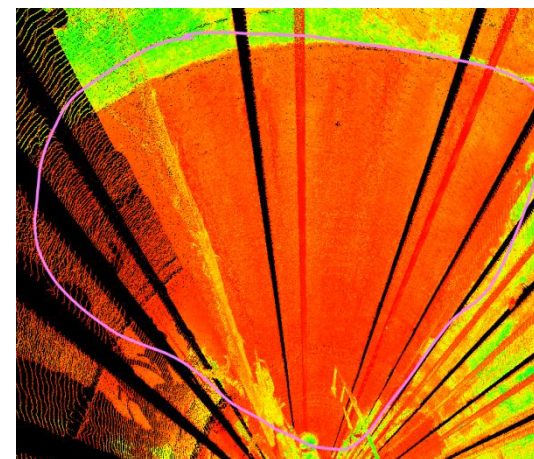


- ✓ 指标量化，解决矿山远程控制仅
能凭感官评价难题

竖井空间形变测量



箕斗与井壁最近距离测量示意图



井壁渗水区域示意图

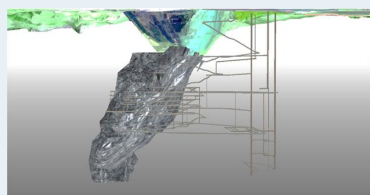


竖井整体空间示意图

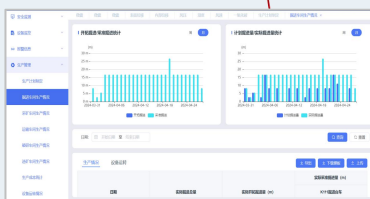


矿山全生命周期安全生产综合管控与决策系统

针对矿山全流程自上而下存在的数据流通及应用的堵点和卡点，实现地质、测量、采矿、安环、生产等过程的多维度可视化、多层次联动分析、多层级协同管控，推动基于数据驱动的矿山开采过程的质量变革、效能变革，全面提升**矿山地测采全流程的数字化管理、数据化协同、可视化管控水平。**



资源管理



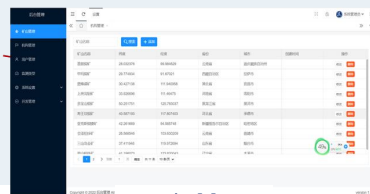
决策支持



生产管理



综合管控



平台管理



统一认证



生产管理

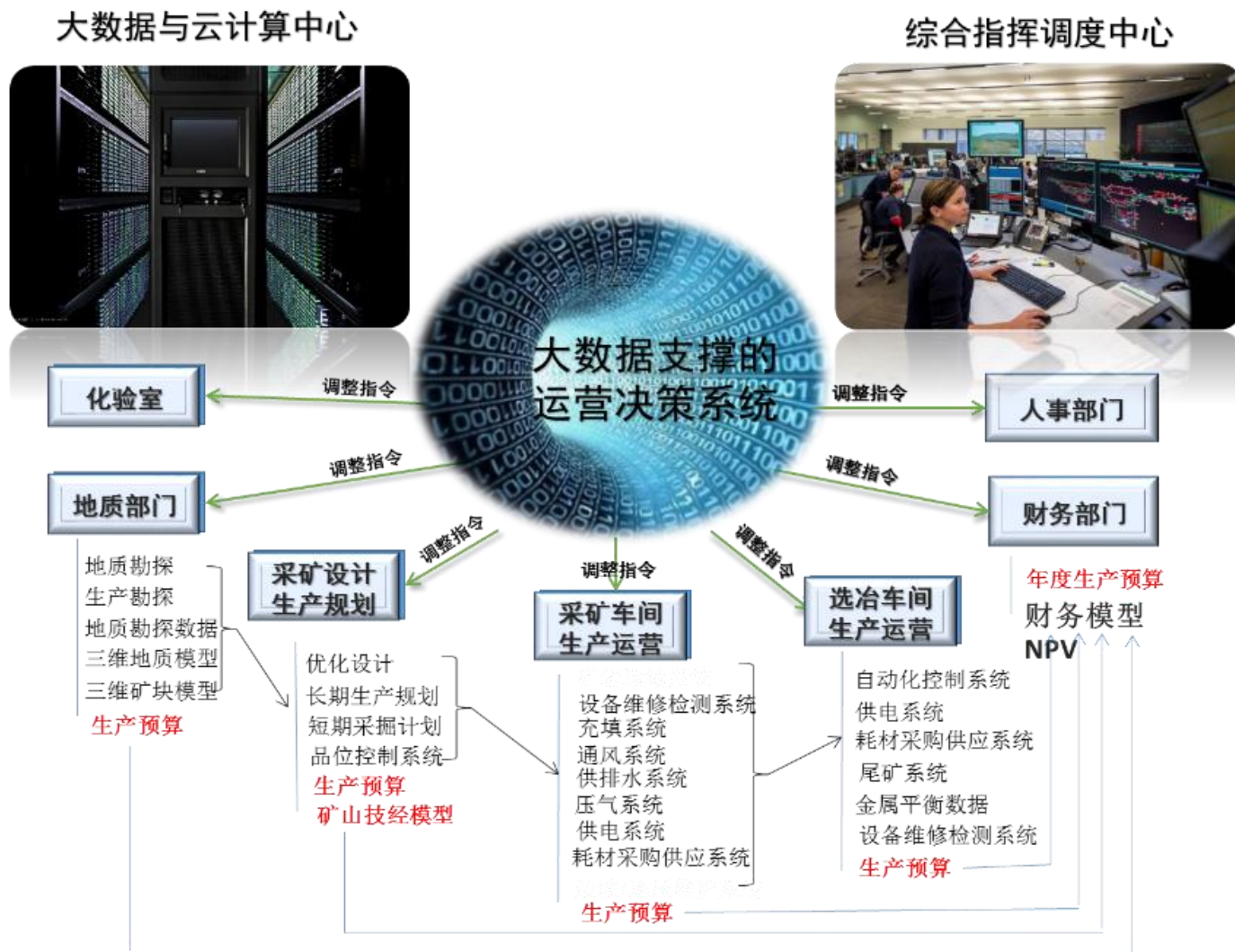




矿山全生命周期安全生产综合管控与决策系统

采用**数据挖掘、大模型**等技术对矿山生产过程和运营管理活动中产生的海量数据进行分析，以全面掌握当前企业的发展状况，为矿山生产活动提供**智能分析和决策支持**。

- 智能矿山综合集成与管控一体化系统
- 矿山大数据分析与处理中心
- 智能矿山决策支持系统



01

我国矿产资源发展现状及挑战

02

矿山智能化转型升级路径

03

矿山智能化转型关键技术与应用

04

典型案例分享



“机械化换人、自动化减人、智能化无人” 为实现矿山的本质安全奠定基础。

研究安全高效采矿工艺，引进先进的采、选装备，提高**装备机械化水平**，为矿山深部开采创造安全高效的生产组织新模式；

围绕“矿石流”，打造主体**生产环节的自动化、智能化系统**，确保生产安全高效；

建设以地压监测系统、尾矿库监测系统、VR安全实训系统为代表的**安全生产系统**

开展“双重预防体系”与TOPS建设，系统性提升三山岛金矿的安全管理水平



1. 安全绿色高效采矿工艺-机械落矿采矿试验

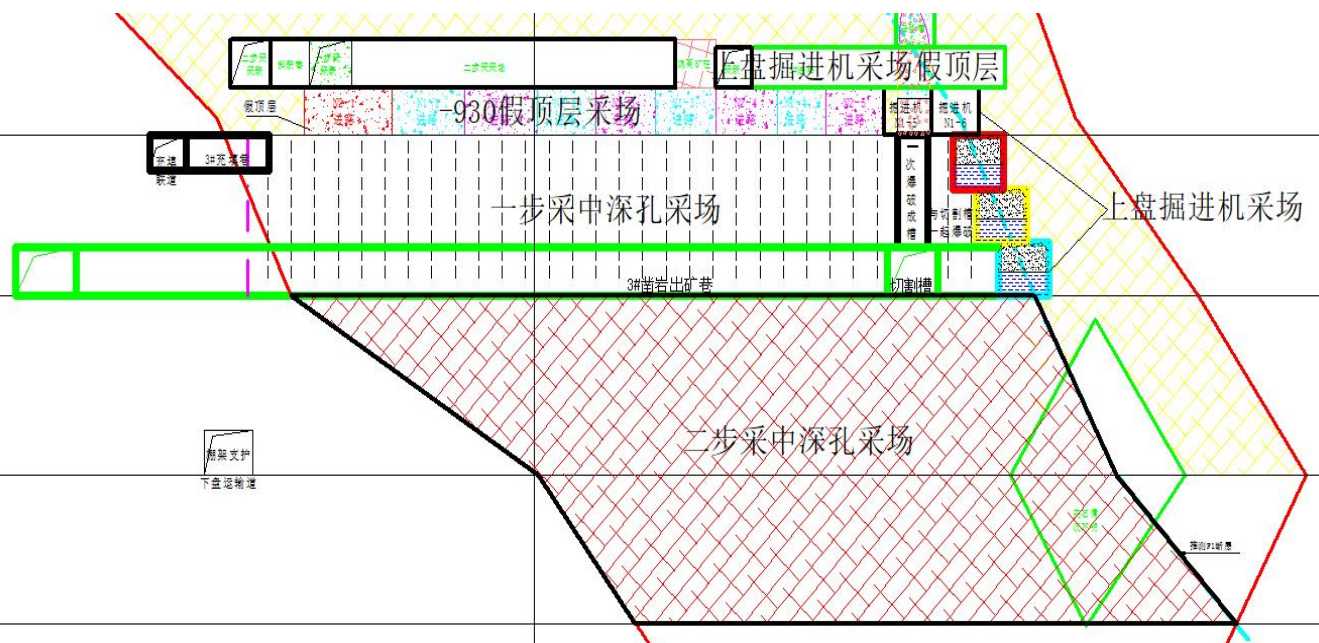
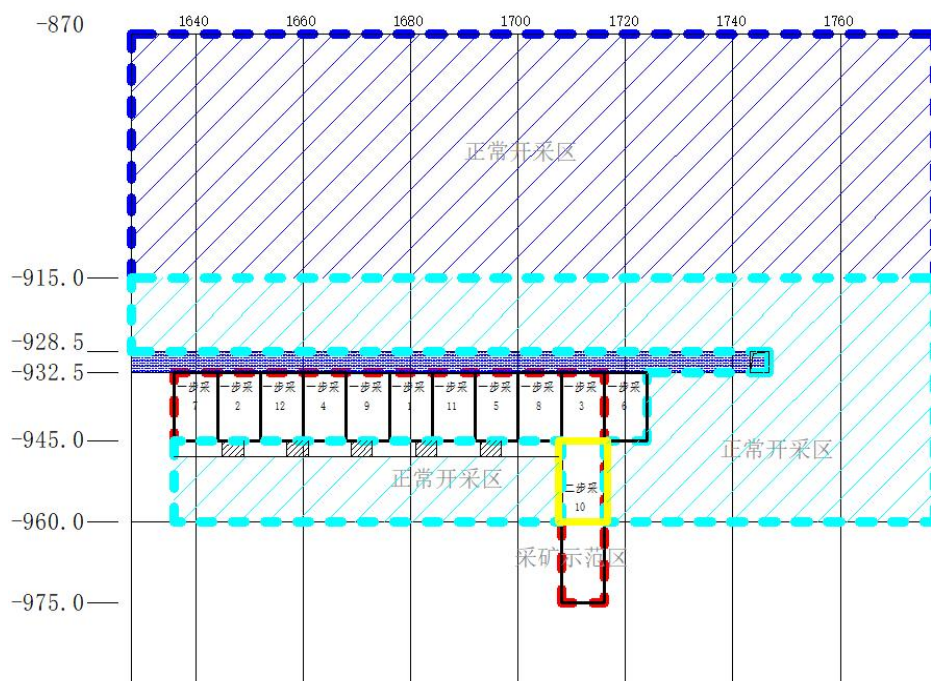
在三山岛金矿西山北巷-510m极破碎矿体区域开展**机械落矿采矿试验**。项目开展**基于悬臂式掘进机**落矿的可截割性试验、采矿方法、充填体强度解析及充填技术、配套支护技术、机电一体化匹配方案及衔接工艺等系列研究。机械落矿变革了凿岩爆破的采矿工艺。除落矿环节以外的其他生产环节（出矿、运输、通风等），机械落矿采矿的技术经济指标均优于炮采，机械开采工程质量好、贫损低、矿石破碎量小、安全效益高，综合效益显著。





1. 安全绿色高效采矿工艺-深部智能采矿试验

针对西山矿区深部-915m以下矿体特征及开采技术条件，重点研究极破碎矿体下向进路机械连续采矿技术、中深孔下向分段空场嗣后充填连续采矿技术、上下盘二元地质结构下行式连续协同开采方案等关键技术难题，初步形成三山岛金矿深部矿体上下盘协同开采的技术体系。





2. 采掘（支护）作业机械化与集控管理

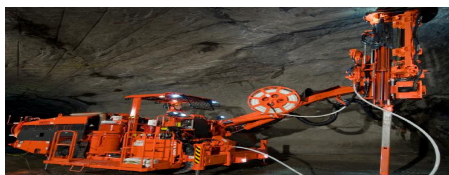
采掘（支护）作业机械化与集控：引进一流的采掘装备，向着生产作业面“少人化、无人化”快速迈进，提高采掘（支护）作业机械化水平与作业效率，提升高危作业岗位安全生产水平，推动企业高质量发展。



铲运机



凿岩台车



支护台车



装药车



井下矿卡



破碎机



电机车



3. 溜井破碎远程遥控

通过进行**碎石机远程遥控系统**改造，借助5G专网，能实现**地表单台控制台操控井下25台破碎机**，并进行切换作业，提高设备运行效率，使操作人员脱离井下恶劣环境，提高破碎作业的本质安全水平。

碎石机远程控制系统操作台



碎石机远程控制系统人员地表操作

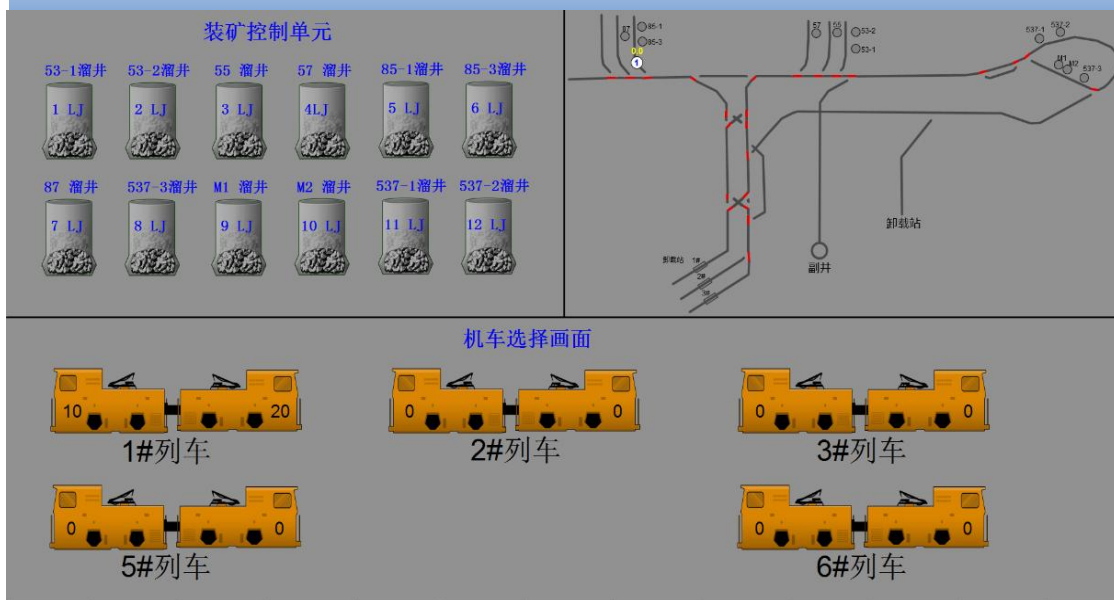




4. 有轨运输无人化

在井下-600m中段大巷建设**电机车无人驾驶系统**，实现了装矿、运输、卸矿流程的自主/遥控/本体三种模式，对井下有轨运输作业进行全程跟踪、识别、定位和控制，显著提高运输效率，大幅减少操作人员，实现井下有轨运输作业的无人化，提高本质安全和职业健康水平。

井下电机车无人驾驶系统装矿控制单元



井下电机车自控运行(ATO)系统



5. 提升系统集控化

提升集控自动化系统建设涵盖西山矿区主井和进风井、新立矿区副井及主混合井等七条提升机的集控工作，实现了七条提升竖井在调度中心的一体化集中控制，大幅减少现场作业人员，提高矿石提升的连续性，大幅提升运输效率和安全性。

提升集控操作



提升机箕斗画面





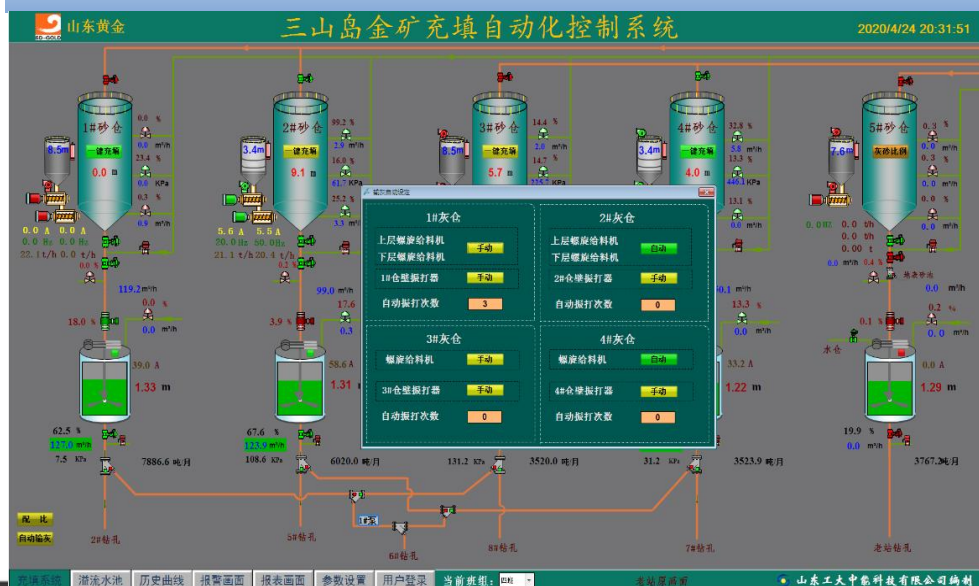
6. 辅助系统自动化

对矿山**充填、变配电、排水、通风、压风**等生产辅助系统开展自动化系统升级改造，实现辅助系统在调度中心的**远程集中控制**，保证系统运转的连续性和高效性。

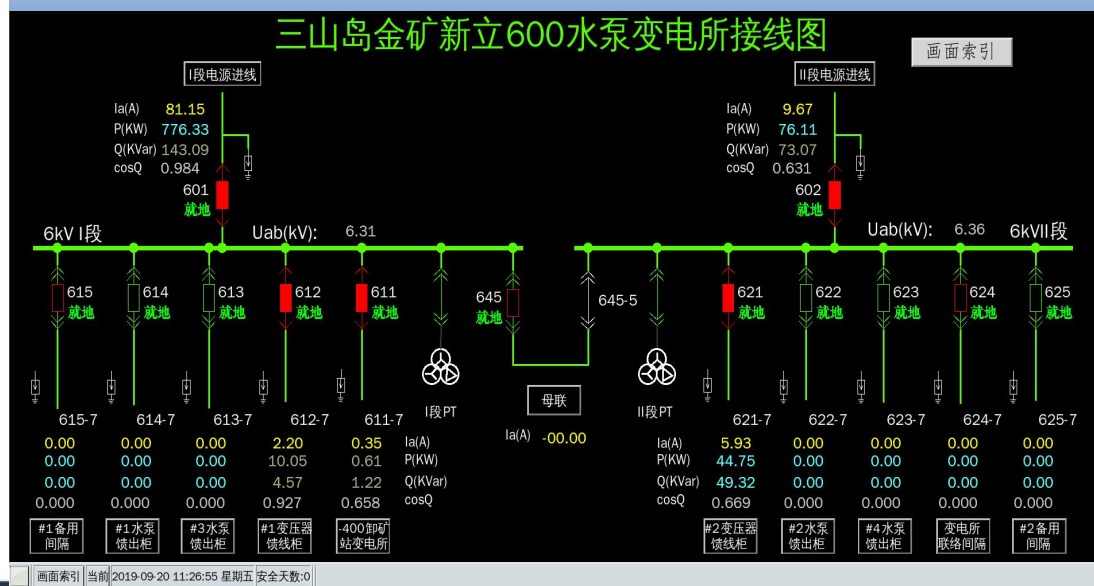
完成**充填自动化改造**，对充填操作系统进行了全面的升级优化，实现“一键造浆、一键充填”功能和“精准配灰”功能，代表了充填系统的行业最高水平；

完成**变配电自动化**，实现了主要变电所无人值守，降低电网运行成本、提高经济效益。

充填系统“精准配灰”功能



变电站接线图





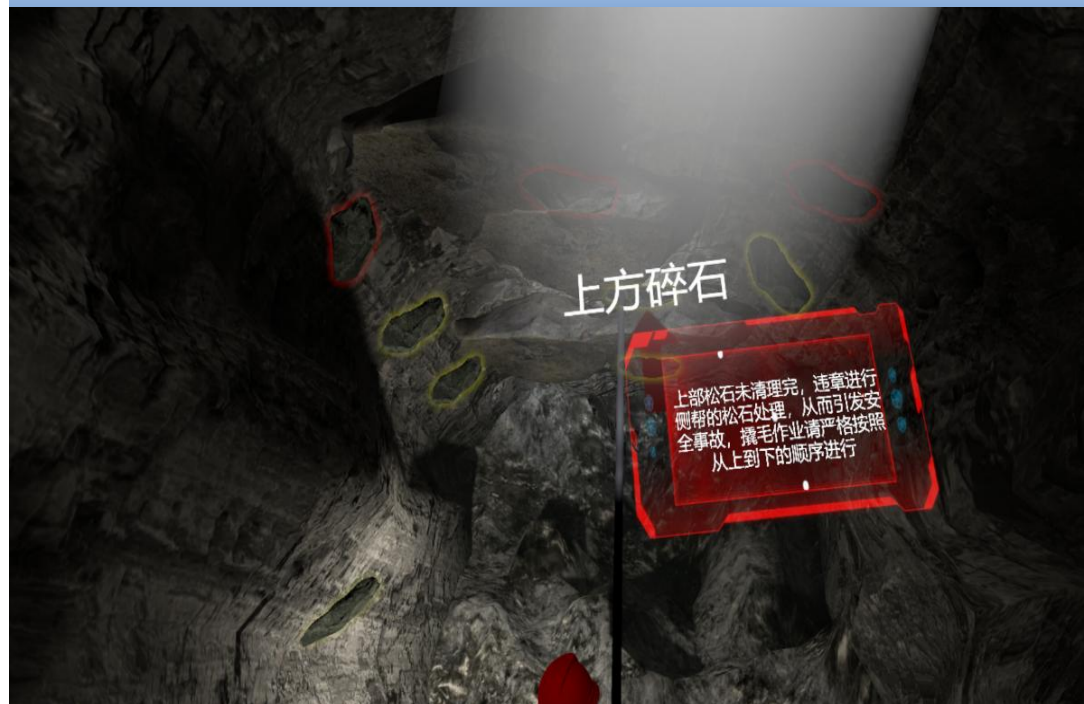
7. VR安全实训系统

利用VR虚拟现实技术，用三维动态的形式全真模拟矿山生产环节，实现**开采工艺流程虚拟仿真**；同时以冒顶片帮事故为典型案例，**还原事故发生真实场景**，分析事故发生原因、总结经验教训；学习事故管控措施，规范作业前安全准备，考核作业过程安全要领，达到**矿山安全教育培训**的目的。

进路凿岩场景模拟



安全警示模拟

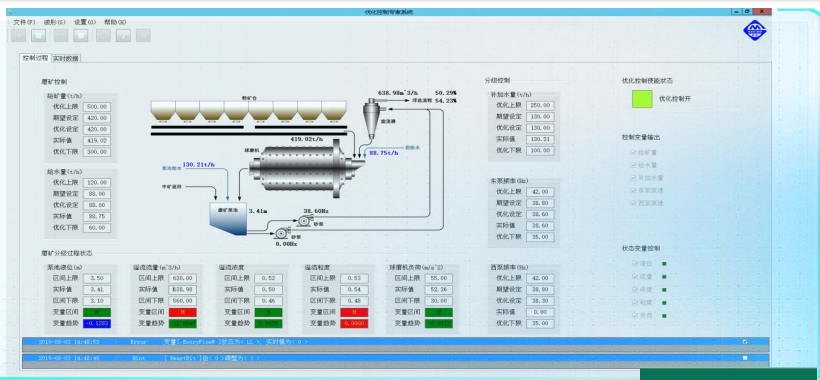




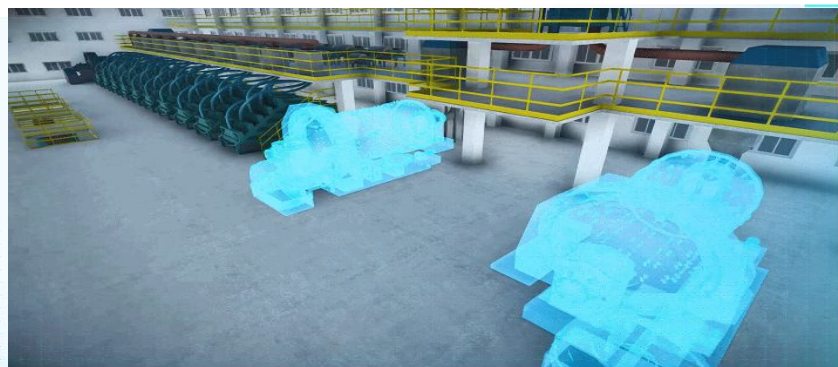
8. 选矿生产智能化

综合利用工业物联网、智能控制、建模仿真以及大数据分析等技术手段，建设**数据采集平台与数据中心**、**智能操作选厂**、**虚拟选矿厂及云服务平台**，提高选矿生产设备和过程可靠性和过程自动化及操作智能化程度，从而稳定和优化流程，减员增效，提高技术和经济指标。

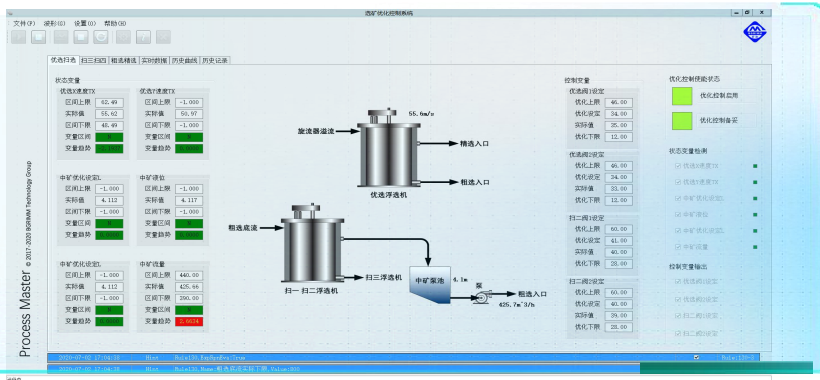
磨矿专家系统



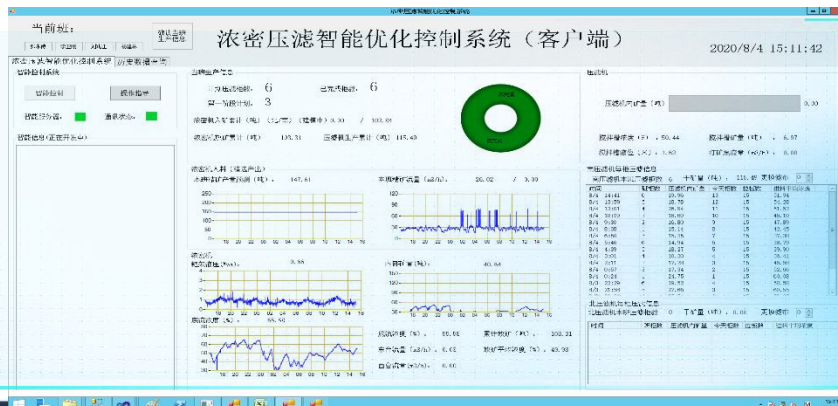
数字孪生



浮选专家系统



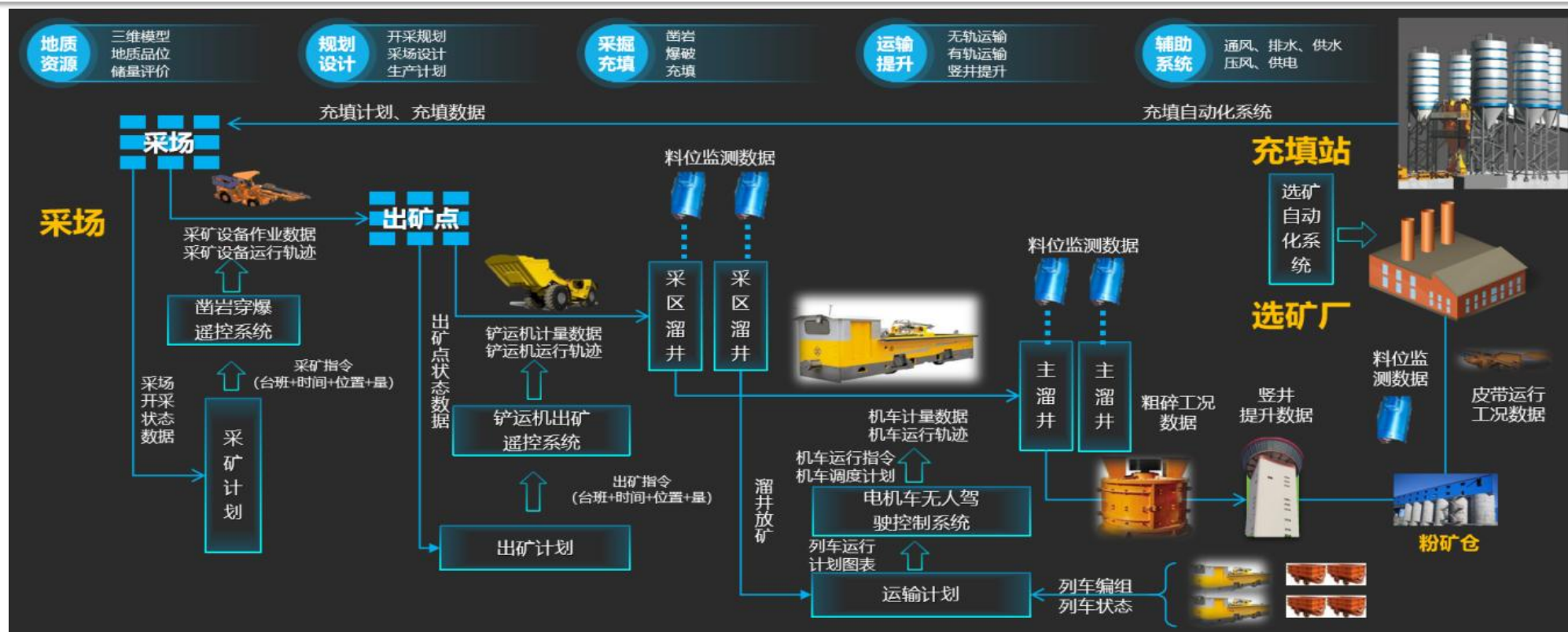
浓密压滤仿真系统





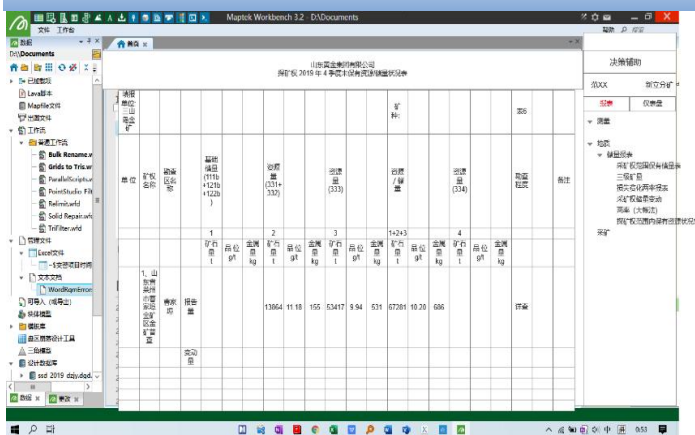
9. 矿山安全生产综合管控

打通以采掘、充填、选矿等生产工艺为主线的矿石流，构建面向“矿山规划-采矿设计-排产计划-单体设计-爆破作业-采场出矿-溜井放矿-机车运矿-卸载放矿-提升运矿-选矿回收-尾矿充填-尾矿排放-生态治理”全流程的、以“矿石流”为主线的**高度集成化、智能化、扁平化的矿山生产经营管理模式**。



资源环境数字化

三维矿业软件生产技术协同平台



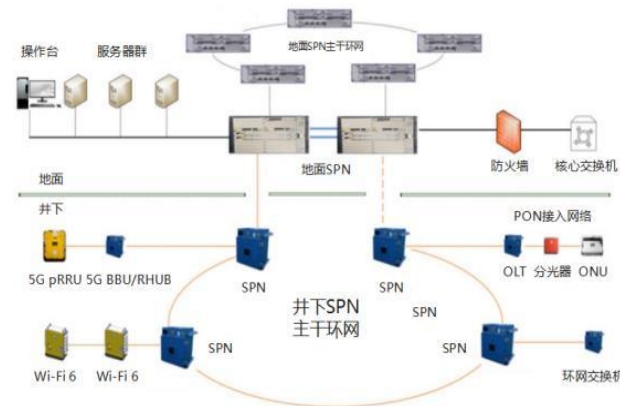
生产运营信息化

综合协同管控



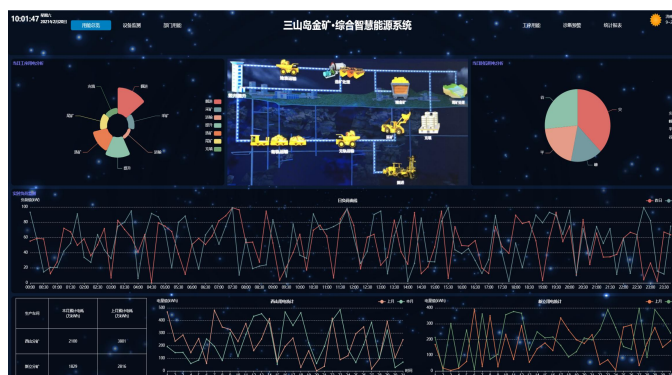
信息传输网络化

万兆工业环网+5G+工控网络安全



管理决策智能化

生产辅助决策



数据管理资产化

工业大数据平台



装备升级智能化

铲装运无人化攻关





◆ 采矿生产系统

Automine系统/Optimine系统

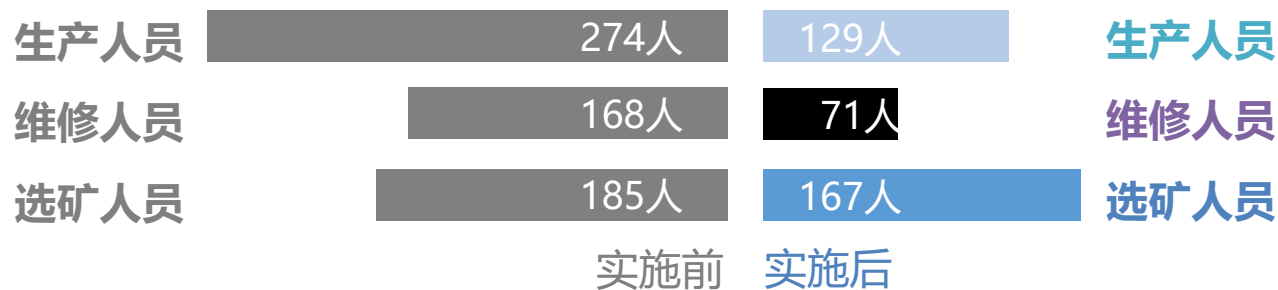
◆ 矿石运输系统

溜井料位指示/无人驾驶电机车/
遥控装矿/自动运输/智能平衡运输

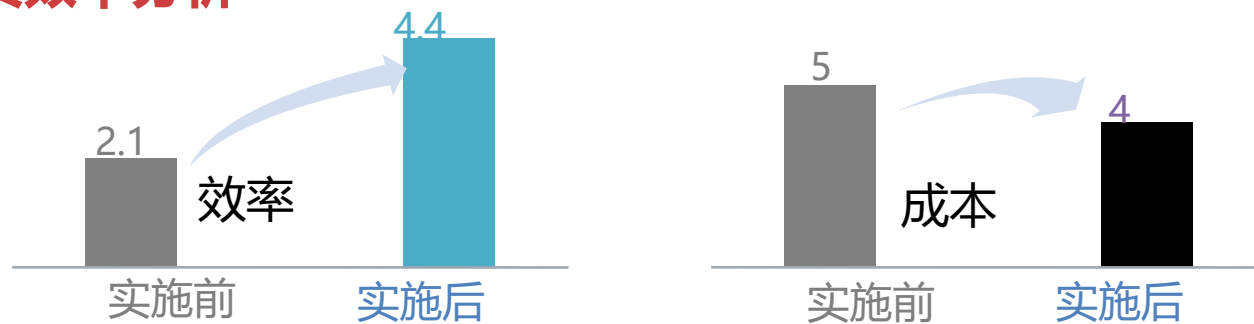
◆ 生产辅助系统

供配电系统/排水系统/破碎系统/
通风系统/排泥系统/粉矿回收系统/
地表矿石转运系统

人工成本分析



人员效率分析



人均劳动生产率效率从过去的2吨/人天提高到近4.81吨/人天
人工生产成本从5千美元/吨铜，降到了4千美元/吨铜

经济效益分析

- ◆ 主西矿体改造新增项目投资约500万美元，每年可**减少直接成本约800万美元**；
- ◆ 共减少260人，生产效率大幅提高；每年**减少人工费约200万美元**；
- ◆ 通过融合系统的建设与应用，用户可以更深入及时地了解工厂的运行状况、减少装置停车时间、设备运行更加稳定、更加符合环保、安全和健康的要求，减少维护和运营成本。



网络协同制造
体系建设需要
解决的问题

系统建设各自为政，缺乏顶层规划设计

单体系统众多，信息孤岛现场严重

没有统一的数据标准，基础数据不兼容

上下游企业信息封闭，无法协同作业

数据流程建设不全，信息断链多

依托新疆有色集团建设“**一平台、三中心**”的网络协同制造运营体系，以统一的网络协同制造平台为基础，通过统一的网络协同制造平台打造数字化集团性智能制造生产经营管理体系，实现2家矿山、3家冶炼企业协同制造。



顶层设计



建设内容

- ✓ 基础数据集成
- ✓ 设备管理
- ✓ 质检化验管理
- ✓ 安全管理
- ✓ 能源管理
- ✓ 物流管理
- ✓ 虚拟仿真培训
- ✓ ...

系统应用

- ✓ 生产协同
- ✓ 技术协同
- ✓ 供需协同

集团及股份公司

喀拉通克

亚克斯

五鑫铜业

阜康冶炼厂

恒盛铍业





智能矿山建设-三维可视化管控系统

通过对采厂内控制设备位置的**实时定位跟踪**及**生产数据的动态采集**，达到自动统计电铲、卸车地点的装卸强度和各个运输周期数据，统筹所有电铲、卸点、重车和空车的**实时运行状态**，在满足生产中各种约束条件的情况下，实现各种资源的合理配置和利用，实现产量最大、效率最高的**智能调度**。

三维场景仿真



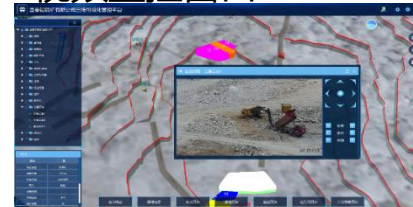
生产日报生成



爆堆信息展示



视频监控窗口



D50



EC250D



EC300D



EC450D



EC480D



SWD165



SY305C



T25

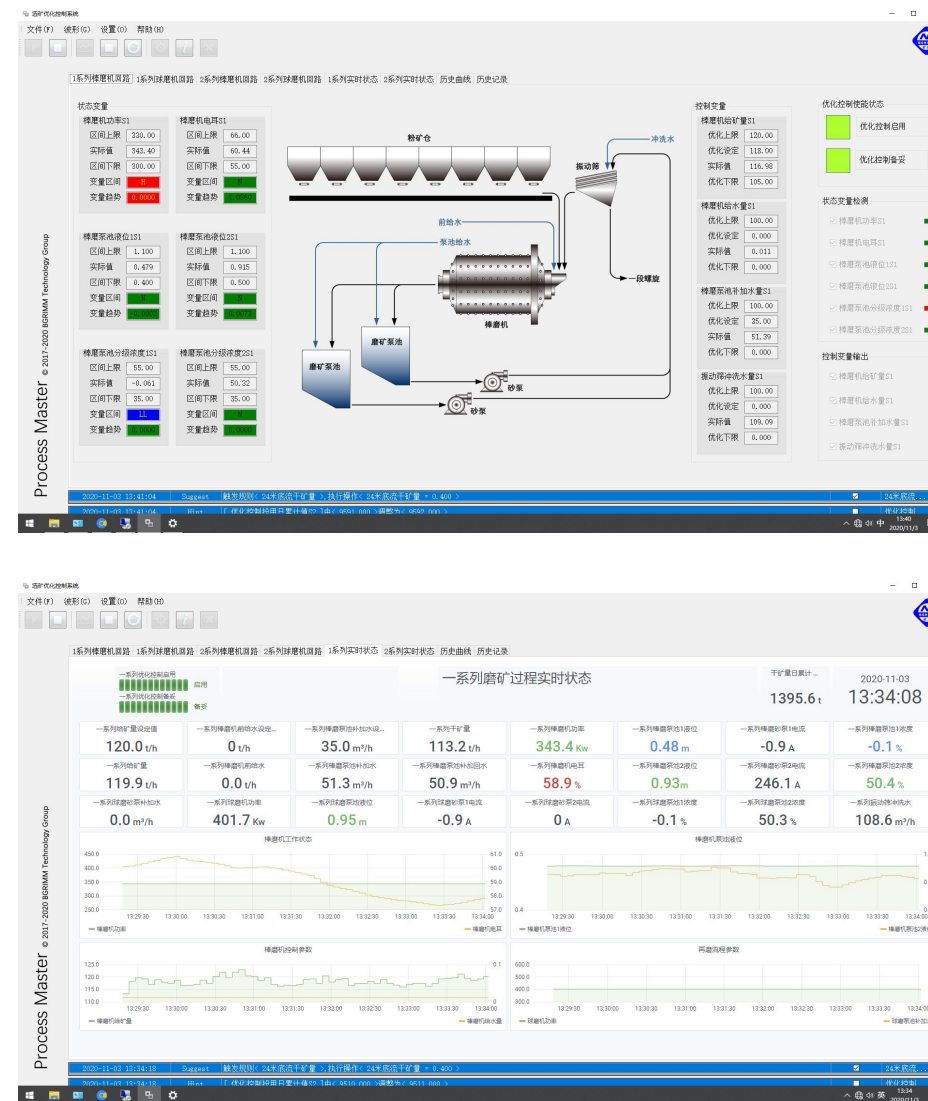


L27SD32W



智能矿山建设-磨重专家系统

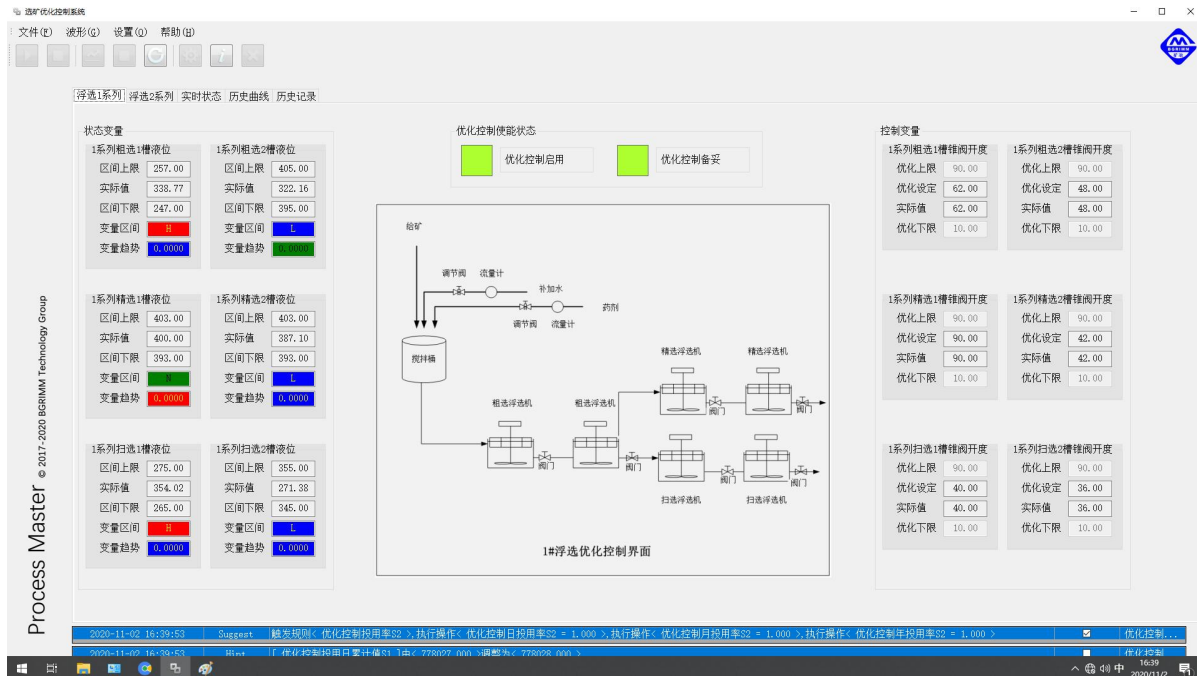
- ◆ 通过优化整定给矿、给水等**基础回路**的控制**参数**，保证底层给定量的稳定。
- ◆ 在对历史数据进行专家规则挖掘和工艺经验提取的基础上，建立专家规则库，实现**磨重过程的专家控制**。
- ◆ 全流程、持续的专家分析和设计服务；磨重生产过程专家知识与规则的**自学习**。





智能矿山建设-智能浮选专家系统

浮选生产过程专家系统，采用**闭环控制理论与锂云母浮选工艺相结合**的特点，优化整个锂云母浮选生产过程，达到提高选别效果，提高产品产率的目的。

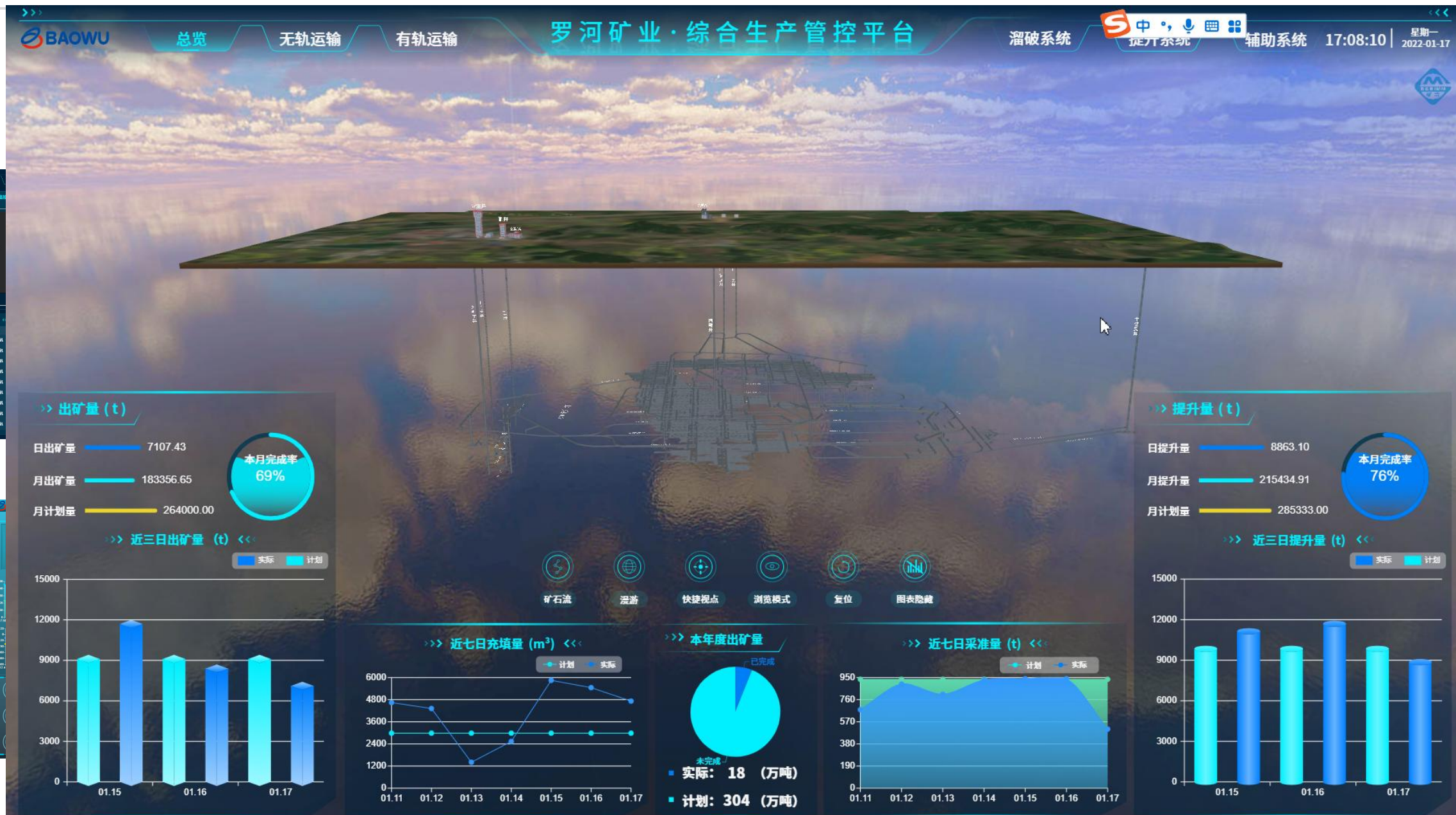




智能矿山建设-摇床智能控制系统

系统利用**AGV巡检机器人**对一组多张摇床矿带进行自动轮巡拍摄，图像处理中心采集到矿带图片信息后，利用**图像识别算法**自动分析出精矿带（黑色，含钽铌金属）和非精矿带（白色，含长石和锂云母）的边界、宽度、颜色等特征信息，代入特定数学模型后，系统自动**根据精矿带位置而改变精矿盘位置**，实现替代人工巡检、提升工艺指标的目标。





智能矿山建设-1354凿岩台车远程操作系统



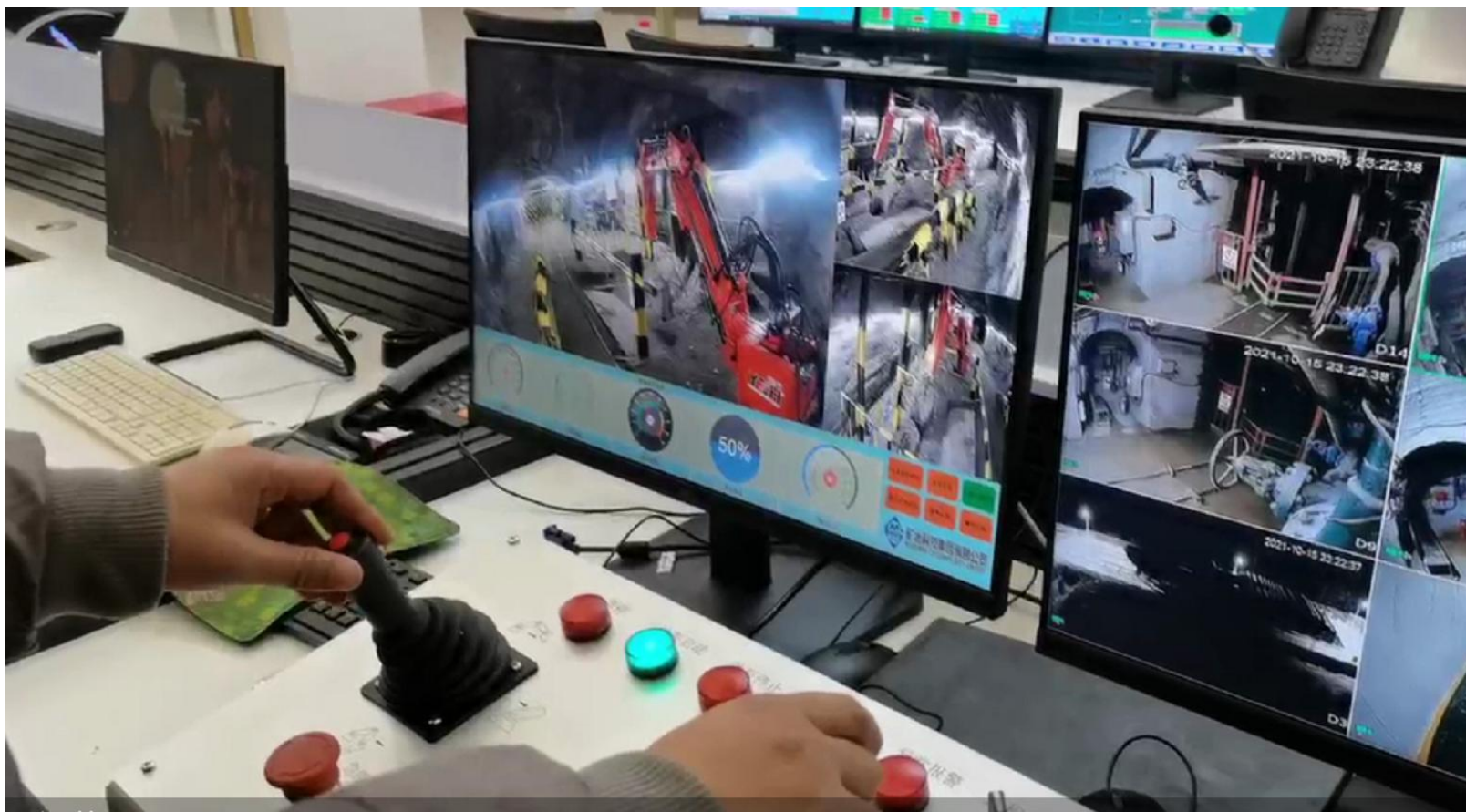
智能矿山建设-凿岩台车远程操作系统



智能矿山建设-电机车无人驾驶系统



智能矿山建设-5G+破碎机远程遥控系统



智能矿山建设-电机车无人驾驶系统



结语



矿山开采

由人机并用向

无人开采变革

生产模式

由单体运营向

协同制造变革

管理模式

由主观经验向

智能决策变革

选冶控制

由人工操控向

模型驱动变革

技术创新

由独立开发向

协同设计变革



谢 谢！



TEL: 13439005300 (微信同号)

