

附件

# 金属非金属矿山智能化建设指南

## （2025 年版）

# 目 录

一、适用范围 .....	5
二、金属非金属露天矿山部分 .....	5
(一)露天矿山智能化建设总体架构 .....	5
(二)露天矿山智能化建设内容 .....	5
三、金属非金属地下矿山部分 .....	14
(一)地下矿山智能化建设总体架构 .....	14
(二)地下矿山智能化建设内容 .....	15

## **一、适用范围**

本指南适用于金属非金属露天矿山和地下矿山。不适用于煤系金属非金属矿山的开采,不适用于河砂和海砂的开采,不适用于石油、天然气、页岩气、矿泉水等液态或气态矿藏的开采,不适用于水力开采、锯切开采等特殊开采方式。本指南所述“矿山”,是指在依法批准的矿区范围内从事矿产资源开采活动的场所及其附属设施。

## **二、金属非金属露天矿山部分**

### **(一)露天矿山智能化建设总体架构**

围绕信息基础、地质保障、开采设计与生产计划、采剥作业、运输作业、破碎作业、排土作业、辅助生产系统、安全监控、综合管控平台等十大业务系统进行整体规划。

### **(二)露天矿山智能化建设内容**

#### **1. 信息基础**

规划并建设矿山工业互联网和数据中心等信息基础设施,利用大数据、云计算、人工智能、数字孪生、边缘计算等先进技术,实现高速率低延时网络全覆盖、全时域全过程数据采集应用和分类分级信息安全管理。

#### **(1)网络建设**

采用工业以太网、物联网、无线通信等技术,建设矿山生产、安全监控、办公等网络,保证网络通信畅通与网络冗余,实现露天采场、运输道路、排土场、破碎站、办公场所等重点区域的网络全

覆盖。

## (2) 数据中心

配备服务器、网络设备、存储设备、安全防护设备及支撑系统,具备数据分类存储、高可靠低延时数据交换、网络安全等级保护、数据容灾与恢复等功能,为矿山智能化建设提供稳定的运算环境和可靠的算力支撑。

## (3) 数据管理

依据《智能化矿山数据融合共享规范》,建设统一的智能矿山数据编码、采集、治理、应用、安全等数据管理体系,实现数据互联互通与融合共享,实现矿山数据的全生命周期规范化管理。

### 专栏 1 露天矿山信息基础

**网络建设:**建设新一代工业互联网,支持网络冗余,主干网络带宽宜不低于 10000Mbps,出口带宽宜不低于 1000Mbps,并具备带宽演进能力,无线网络宜采用 Wi-Fi6、5G、UWB 等技术。有条件的矿山宜配备高系统容量、高传输速率、多容错机制、低网络延时的高性能网络设备。

**数据中心:**计算存储能力满足信息分类存储要求,支持结构化和非结构化数据存储,存储容量可弹性扩展。配备不间断供电电源,网络安全满足等保二级要求。有条件的矿山宜采用资源虚拟化管理和云化部署。数据中心的设计与建设应符合有关标准规范。

**数据管理:**依据《智能化矿山数据融合共享规范》,规范数据编码(数据分类、编码、属性描述等)、数据采集(采集传输、数据接口、通信协议等)、数据治理、智能化场景数据应用、数据安全。

## 2. 地质保障

采用工程测量(物探、钻探、坑探等)、空间测量(卫星遥感、倾斜摄影、激光扫描等)等技术获取地质信息,实施地质资料及数据的数字化管理,构建可以准确反映矿山地质信息的三维可视化模型,实现矿山地质资源信息的精确感知、精准描述、动态更新和实时共享。

### (1) 地质信息感知

综合采取物探、钻探、坑探等传统手段和卫星遥感、倾斜摄影、激光扫描等先进技术,高效获取矿区地形、工业场地、地质体、露天采场、排土场、隐蔽致灾因素等信息数据,并实现及时上传与数字存储。

### (2) 矿山地质数字化

建立地质信息数据库,实现资源勘查、生产勘探、取样化验等资料与信息的数字化管理;融合实时动态感知数据,构建矿山三维透明地质模型,实现矿山地质信息直观展示、多源地质数据实时共享与关联分析。

### (3) 资源储量管理

依托地质信息数据库动态管理矿产资源储量,对资源量、储量、二级矿量(开拓、备采)进行动态估算与统计分析,实现矿体分布、形态、产状、规模、品位(品质)等信息动态更新和三维可视化管理。

## 专栏 2 露天矿山地质保障

地质测量技术:采用卫星遥感、无人机航测、三维激光扫描、随钻测量、钻孔成像等智能化测量技术,实现快速、高效、精准测量,为矿山三维数字化建模、三维空间形态测量、资源储量动态管理等提供技术保障和数据支撑。

地质信息数据管理:综合地质测绘、物探、钻探、坑探、化探、槽探、地质填图、采剥和边坡监测等信息数据,建立数据库,具备空间数据与属性数据的存储、转换、管理、查询、统计、分析、三维可视化与动态更新等功能,支持数据互联互通与融合共享。

资源储量动态管理:具备矿床品位分析、矿产三维模型建立和资源储量估算等功能,实现资源储量数据的动态智能管理。

### 3. 开采设计与生产计划

利用人工智能、大数据分析 with 三维可视化等技术,开展矿山全生命周期开采设计、生产计划编制,实现智能化精细化管理。

#### (1) 开采设计

依托地质模型数据,在三维可视化环境下,智能规划剥离、采矿、运输、排土等工序流程,自动设计并动态优化穿孔、爆破、铲装等开采作业参数。

#### (2) 生产计划

在三维可视化环境下,编制剥离、采矿、运输、排土等生产计划,并根据施工条件变化、工程进度进行自动调整与动态优化。

### 4. 采剥作业

应用智能潜孔钻机、牙轮钻机、装药台车、挖掘机等装备,实现少人化、无人化采剥作业。

#### (1)穿孔作业

应用智能潜孔钻机、牙轮钻机等装备,实现少人化、无人化穿孔作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、炮孔自主定位、自动穿孔、随钻测量、运行状态监测、作业参数动态优化、钻孔评价、故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

#### (2)爆破作业

应用信息化技术,自动生成优化爆破设计,精准计算爆破药量,动态评价爆破效果。应用智能装药台车等装备,实现自动定量装药填充作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自动寻孔、自动探孔、炸药精准混配、炸药装填、炮孔自动填塞(封孔)、运行状态监测、作业参数动态优化、故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

#### (3)铲装作业

应用智能挖掘机、装载机等装备,实现矿石全流程无人化装运卸作业。装备应具备遥控或自主行走、环境感知、矿堆识别、设备精准定位、路径规划、自主导航、动态障碍感知和自主避障、遥控或自主铲装卸载、多装备高效协同作业、运行状态监测、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

#### (4)二次破碎作业

应用智能破碎台车等装备,搭载 AI 视觉识别系统,实现大块



矿石智能高效破碎作业。装备应具备遥控或自主行走、大块矿石精准定位、自适应破碎作业、作业参数动态调整、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

### 5. 运输作业

应用智能矿用卡车、带式输送机、有轨电机车等装备,实现矿石运输、排土排渣全天候条件下无人化作业。

#### 专栏 3 露天矿山运输作业

智能矿卡运输系统:建设车辆调度系统,系统应具备运输作业规划、车辆实时定位、车辆智能调度控制、多车协同、运输计量、违章监测、轨迹查询等功能。应用无人驾驶矿用卡车,矿卡应具备多源数据感知(车端环境、车辆运行、路侧监控、移动目标等)、精确定位、路径规划、自主导航、自主避障、自动装卸、车辆编组高效协同作业、故障自诊断与异常报警制动、环境交互、人员接近防护等功能。

智能带式输送系统:与破碎设备等协同联动,采用智能传感器、巡检机器人等实时监测运行状态,具备启停自适应控制、料流智能感知与均衡输送、自适应节能调速、自适应张紧、自动纠偏、皮带损坏识别、异物识别、智能清障、多机协同、火灾等险情预警预判及应急处置、故障自诊断与异常报警制动等功能。

智能有轨运输系统:与铲装装备等协同联动,具备远程操控或无人驾驶、精确定位停靠、自动卸载、障碍物智能识别、运输轨线智能化闭锁管控、运行参数(速度、位置、供电状态等)实时监测、故障自诊断与异常报警制动等功能。



## 6. 破碎作业

应用智能破碎装备,实现破碎全流程无人化作业。装备应具备远程操控、自动启停、料位判断、物料块度监测、设备运行与周边环境参数实时监控、与运输设备协同联动、故障自诊断与异常报警等功能。

## 7. 排土作业

应用智能推土机、排土机等装备,实现排土全流程无人化作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自主作业、设备运行与周边环境参数实时监控、与运输设备协同联动、故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

## 8. 辅助生产系统

建立防排水、供配电及其他辅助作业智能化系统,实现矿山辅助生产系统智能化控制与高效管理。

### (1) 防排水(适用于凹陷露天矿)

建立智能防排水系统,系统应具备水文(降雨量、地下水水位、涌水量、水质等)实时监控、自动启停水泵、自动开闭管路阀门、自动预警等功能。

### (2) 供配电

建立智能供配电系统,系统应具备在线监测变配电站及供电线路等设备设施、遥测遥信遥调遥控遥视、设备故障自诊断与异常报警、自动隔离切换等功能,实现供配电系统远程控制和无人值守。

### (3)其他辅助作业

应用智能平路机、洒水车等其他生产辅助装备,实现道路修筑与养护、工作平台整修清扫、洒水降尘等其他辅助作业智能化。装备应具备环境感知、定位导航、自主作业等功能。

## 9. 安全监控

应用人工智能、大数据等技术,对人员常见不安全行为、设备不安全状态、环境不安全因素进行实时监测、智能识别、风险预判、安全预警、智能联动与应急响应,形成覆盖“人员—设备—环境”的全方位安全保障能力。

### (1)人员行为监控

通过视频 AI 行为识别、电子围栏、无人机巡查等技术手段,对“三违”行为、防护缺失、人员误入等人的不安全行为进行智能识别与预警。

### (2)设备状态监控

通过设备在线监测、AI 视频监控、机器人巡检等技术手段,进行设备智能巡检、故障智能诊断与预警、应急处置。

### (3)环境因素监控

通过 AI 视频监控、边坡监测、多源数据融合、无人机巡查等技术手段,对边坡(表面位移、变形、应力、裂缝等)、降雨等环境因素和山洪、泥石流等地质灾害进行实时监测、智能分析与风险预警。

## 专栏 4 露天矿山安全监控

**AI 视频监控系统:**应用 AI 视频识别技术全方位监控人员行为、设备状态及环境因素,对人员误入、违规搭乘运输设备、驾驶员行为异常、防护缺失等人员不安全行为,对设备防护装置状态异常、设备表面状态异常、关键部件状态异常、运行状态异常等设备不安全状态,对安全围栏损坏、滑坡落石、运输道路积水等环境不安全因素进行自动识别与风险预警。

**电子围栏系统:**应用 GNSS 高精度定位、红外对射与视频监控联动等技术,具备危险区域(开采作业区、高陡边坡、爆破警戒范围等)边界精准划定、人员/设备越界实时监测预警、历史数据追溯等功能,实现露天矿山危险区域的智能化隔离防护。

**边坡监测预警系统:**应用边坡雷达、无人机航测等技术,通过对边坡和排土场的表面位移、内部位移、应力、爆破振动、降雨量等进行监测,实现数据采集、智能分析与风险预警。

## 10. 综合管控平台

建设融合矿山生产、安全等业务领域的智能化综合管控平台,涵盖资源勘查、生产勘探、开采设计、生产计划、采剥作业、运输作业、破碎作业、排土作业、辅助作业、安全管理等全过程,实现多源数据融合共享、智能协同管控。

## 专栏 5 露天矿山综合管控平台

**综合管控平台:**基于统一的编码体系、数据接口,实现安全管理、生产管理、设备管理、应急救援、实验室化验分析管理、数字孪生、分析决策

等数据融合共享和智能管控。

安全管理模块:具备风险分级管控、隐患排查治理、风险监测预警、安全培训、特种作业管理、事故分析管理等功能。

生产管理模块:具备穿孔、爆破、铲装、运输、破碎、排土、辅助作业等各生产工序的计划管理、智能调度等功能,支持工程量和损失贫化率自动统计分析。

设备管理模块:具备设备选型、采购计划、投入运行、在线盘点、工况监测、故障自诊断与异常报警、维护维修和报废再生等全生命周期闭环管理功能。

应急救援模块:具备应急救援预案自动调用、救援物资自动调配、救援队伍自动调度、避灾路线与救援路径自动规划、救援辅助指挥等功能。

实验室化验分析管理模块:具备样品记录、人员信息、仪器设备、标物标液、化学试剂、标准方法等集成管理功能。

数字孪生模块:具备矿山地表地形、工业场地、矿体、开挖台阶等模型动态更新,设备运行参数及状态实时动态映射等功能。

分析决策模块:具备生产、安全、销售、成本、效益智能分析与辅助决策等功能。

### **三、金属非金属地下矿山部分**

#### **(一)地下矿山智能化建设总体架构**

围绕信息基础、地质保障、开采设计与生产计划、掘进作业、采矿作业、提运作业、充填作业、辅助生产系统、安全监控、综合管控平台等十大业务系统进行整体规划。

## (二)地下矿山智能化建设内容

### 1. 信息基础

规划并建设矿山工业互联网和数据中心等信息基础设施,利用大数据、云计算、人工智能、数字孪生、边缘计算等先进技术,实现高速率低延时网络全覆盖、全时域全过程数据采集应用和分类分级信息安全管理。

#### (1)网络建设

采用工业以太网、物联网、无线通信等技术,建设矿山生产、安全监控、办公等网络,保证网络通信畅通与网络冗余,实现采掘工作面、主要巷道、受控区域(水泵房、变电所、炸药库、避灾硐室、主要通风机房、提升机房等)、办公场所等重点区域的网络全覆盖。

#### (2)数据中心

配备服务器、网络设备、存储设备、安全防护设备及支撑系统,具备数据分类存储、高可靠低延时数据交换、网络安全等级保护、数据容灾与恢复等功能,为矿山智能化建设提供稳定的运算环境和可靠的算力支撑。

#### (3)数据管理

依据《智能化矿山数据融合共享规范》,建设统一的智能矿山数据编码、采集、治理、应用、安全等数据管理体系,实现数据互联互通与融合共享,实现矿山数据的全生命周期规范化管理。



## 专栏 6 地下矿山信息基础

**网络建设:**建设新一代工业互联网,支持网络冗余,主干网络带宽宜不低于 10000Mbps,出口带宽宜不低于 1000Mbps,并具备带宽演进能力,无线网络宜采用 Wi-Fi6、5G、UWB 等技术。有条件的矿山宜配备高系统容量、高传输速率、多容错机制、低网络延时的高性能网络设备。

**数据中心:**计算存储能力满足信息分类存储要求,支持结构化和非结构化数据存储,存储容量可弹性扩展。配备不间断供电电源,网络安全满足等保二级要求。有条件的矿山宜采用资源虚拟化管理和云化部署。数据中心的设计与建设应符合有关标准规范。

**数据管理:**依据《智能化矿山数据融合共享规范》,规范数据编码(数据分类、编码、属性描述等)、数据采集(采集传输、数据接口、通信协议等)、数据治理、智能化场景数据应用、数据安全。

## 2. 地质保障

采用工程测量(物探、钻探、坑探等)、空间测量(卫星遥感、倾斜摄影、激光扫描等)等技术获取地质信息,实施地质资料及数据的数字化管理,构建可以准确反映矿山地质信息的三维可视化模型,实现矿山地质资源信息的精确感知、精准描述、动态更新和实时共享。

### (1) 地质信息感知

综合采取物探、钻探、坑探等传统手段和卫星遥感、激光扫描、随钻测量等先进技术,高效获取矿区地形、工业场地、地质体、探矿工程、采掘工程、采空区、充填区、积水区、溶洞区、隐蔽致灾因素等



信息数据,并实现及时上传与数字存储。

## (2) 矿山地质数字化

建设地质信息数据库,实现资源勘查、生产勘探、取样化验等资料与信息数字化管理;融合实时动态感知数据,构建矿山三维透明地质模型,实现矿山地质信息直观展示、多源地质数据实时共享与关联分析。

## (3) 资源储量管理

依托地质信息数据库动态管理矿产资源储量,对资源量、储量、三级矿量(开拓、采准、备采)进行动态估算与统计分析,实现矿体分布、形态、产状、规模、品位(品质)等信息动态更新和三维可视化管理。

### 专栏 7 地下矿山地质保障

**地质测量技术:**采用卫星遥感、无人机航测、三维激光扫描、随钻测量、钻孔成像等智能化测量技术,实现快速、高效、精准测量,为矿山三维数字化建模、三维空间形态测量、资源储量动态管理等提供技术保障和数据支撑。

**地理信息数据管理:**综合地质测绘、物探、钻探、坑探、化探、槽探、地质填图、采掘和水文监测等信息数据,建立数据库,具备空间数据与属性数据的存储、转换、管理、查询、统计、分析、三维可视化与动态更新等功能,支持数据互联互通与融合共享。

**资源储量动态管理:**具备矿床品位分析、矿产三维模型建立和资源储量估算等功能,实现资源储量数据的动态智能管理。

### 3. 开采设计与生产计划

利用人工智能、大数据分析与三维可视化等技术,开展矿山全生命周期开采设计、生产计划编制,实现智能化精细化管理。

#### (1) 开采设计

依托地质模型数据,在三维可视化环境下,智能规划开拓、采准、回采、充填等工序流程,自动设计并动态优化凿岩、爆破等开采作业参数。

#### (2) 生产计划

在三维可视化环境下,编制生产勘探、掘进、采矿、运输、充填等生产计划,并根据施工条件变化、工程进度进行自动调整与动态优化。

### 4. 掘进作业

应用智能掘进台车、装药台车、铲运机、无轨梭车、扒渣机、撬毛台车、锚杆台车、喷浆台车等装备,实现少人化、无人化掘进作业。鼓励应用 TBM、悬臂式掘进机、带式输送机等装备进行连续掘进。

#### (1) 凿岩作业

应用智能凿岩台车等装备,实现少人化、无人化凿岩作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、炮孔自主定位、凿岩参数自动匹配、自适应凿岩、防卡杆、防偏控制、工况实时监测、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

#### (2) 爆破作业

应用信息化技术,自动生成与优化爆破设计,精准计算爆破药量、动态评价爆破效果。应用智能装药台车等装备,实现自动定量装药填充作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自动寻孔、自动探孔、炸药精准混配、炸药装填、炮孔自动填塞(封孔)、运行状态监测、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、人员接近防护等功能。

### (3)运搬作业

应用智能铲运机等装备,实现矿石全流程少人化、无人化装运卸作业。装备应具备遥控或自主行走、环境感知、设备精准定位、矿堆识别、路径规划、自主导航、自主避障、遥控或自主铲装、自主卸载、多装备高效协同作业、作业参数动态优化、工况实时监测、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

### (4)支护作业

应用信息化技术,自动关联地质数据,通过智能算法分析地质构造、围岩强度、地压和变形特征等关键参数,结合风险等级自动生成最优支护方案辅助决策。

应用智能撬毛台车等装备,关联地质数据,通过激光扫描、AI图像识别、声波探测等技术,精准识别巷道顶帮浮石,规划撬毛作业顺序,实现安全高效清理浮石。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、遥控或自主撬毛、工况实时监测、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

应用智能锚杆(索)台车等装备,实现安全高效快速支护。装

备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、锚网识别、钻机姿态自适应调整、锚杆(索)间排距自动定位、自动钻孔、自动装卸钻杆、锚固剂填装、锚杆(索)安装与锁紧、钻锚参数动态优化、工况实时监测、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

应用智能喷浆台车等装备,实现从制浆配比、浆料输送到喷射作业的全流程智能化。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自动配料、自动搅拌、自动泵送、作业区域快速扫描、空间建模、喷射区域智能划分、喷射路径智能规划、臂架运动智能控制、工况实时监测、作业参数自动优化、自动清洗、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

## 5. 采矿作业

应用智能凿岩台车、潜孔钻机、装药台车、铲运机、矿用卡车、无轨梭车、扒渣机、撬毛台车、锚杆台车、喷浆台车、破碎台车等装备,实现少人化、无人化采矿作业。鼓励应用连采机、悬臂式掘进机、带式输送机等装备进行连续采矿。

### (1) 凿岩作业

应用智能凿岩台车、潜孔钻机、中深孔台车等装备,实现少人化、无人化凿岩作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、炮孔自主定位、自适应凿岩、自动装卸杆、防卡杆、防偏控制、工况实时监测、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

### (2) 爆破作业

应用信息化技术,自动生成与优化爆破设计,精准计算爆破药量、动态评价爆破效果。应用智能装药台车等装备,实现自动定量装药填充作业。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自动寻孔、自动探孔、炸药精准混配、炸药装填、炮孔自动填塞(封孔)、运行状态监测、作业参数动态优化、故障自诊断与异常报警、人员接近防护等功能。

### (3)运搬作业

应用智能铲运机、矿用卡车等装备,实现矿石全流程少人化、无人化装运卸作业。装备应具备遥控或自主行走、环境感知、设备精准定位、矿堆识别、路径规划、自主导航、自主避障、遥控或自主铲装、自主卸载、运量统计、多装备高效协同作业、基于生产需求动态优化作业参数、工况实时监测、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

### (4)支护作业

应用信息化技术,自动关联地质数据,通过智能算法分析地质构造、围岩强度、地压和变形特征等关键参数,结合风险等级自动生成最优支护方案辅助决策。

应用智能撬毛台车等装备,关联地质数据,通过激光扫描、AI图像识别、声波探测等技术,精准识别巷道顶帮浮石,规划撬毛作业顺序,实现安全高效清理浮石。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、遥控或自主撬毛、工况实时监测、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。



应用智能锚杆(索)台车等装备,实现安全高效快速支护。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、锚网识别、钻机姿态自适应调整、锚杆(索)间排距自动定位、自动钻孔、自动装卸钻杆、锚固剂填装、锚杆(索)安装与锁紧、工况实时监测、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

应用智能喷浆台车等装备,实现从制浆配比、浆料输送到喷射作业的全流程智能化。装备应具备遥控或自主行走、设备精准定位、自动配料、自动搅拌、自动泵送、作业区域快速扫描、空间建模、喷射区域智能划分、喷射路径智能规划、臂架运动智能控制、工况实时监测、作业参数动态优化、自动清洗、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

#### (5)破碎作业

应用智能破碎台车等装备,搭载 AI 视觉识别系统,实现大块矿石智能高效破碎作业。装备应具备远程操控或无人操作、大块矿石精准定位、自适应破碎作业、作业参数动态优化、设备故障自诊断与异常报警、环境交互、人员接近防护等功能。

### 6. 提运作业

应用智能振动放矿机、有轨电机车、矿用卡车、固定式破碎锤、主溜井破碎机、带式输送机、提升机等装备,实现放矿、运输、溜破、提升等环节无人化作业。

#### (1)运输作业

应用信息化、智能化技术,构建包含放矿、有轨运输(电机车)、



无轨运输(矿用卡车)、连续运输(带式输送机)的智能化运输管控体系,实现运输装备的精准管控、自主运行、智能调度与协同作业。

### (2)溜破作业

构建包含主溜井破碎机与分支溜井固定式破碎锤的智能溜破系统,系统应具备溜井料位检测和自适应破碎作业等功能。

### (3)提升作业

建立智能化提升系统,系统应具备远程控制、工况(提升速度、载荷等关键参数,钢丝绳状态,电机和制动系统等运行数据)实时监测、基于运行数据优化提升调度方案、设备故障自诊断与异常报警、应急响应等功能,实现提升过程的自主决策与智能控制。

## 专栏 8 地下矿山提运作业

**智能振动放矿机:**支持自主运行,具备放矿量自动调节与均匀给矿、关键参数(振动频率、放矿量、电机状态等)实时监测、与运输车辆协同、故障自诊断与异常报警等功能。

**智能有轨电机车:**与振动放矿机等协同联动,具备远程操控或无人驾驶、精确定位停靠、自动卸载、障碍物智能识别与紧急制动、运量统计、运输轨线智能化闭锁管控、运行参数(速度、位置、供电状态等)实时监测、故障自诊断与异常报警制动等功能。

**智能矿用卡车:**具备远程操控或无人驾驶、环境感知、路径规划、自主导航、动态障碍感知和自主避障、运量统计、自主卸载、多装备高效协同作业、故障自诊断与异常报警制动、环境交互、人员接近防护等功能。

**智能固定式破碎锤:**具备远程操控或自主运行、矿石块度自动识别、

破碎参数自动优化、与运输装备高效协同作业、故障自诊断与异常报警制动、人员接近防护等功能。

智能主溜井破碎机：与主运带式输送机协同联动，具备运行状态及参数在线监测、故障自诊断与异常报警停机等功能。

智能主运带式输送机：与主溜井破碎机协同联动，采用智能传感器、巡检机器人等实时监测运行状态，具备启停自适应控制、料流智能感知与均衡输送、自适应节能调速、自适应张紧、自动纠偏、皮带损坏识别、异物识别、智能清障、火灾等险情预警预判及应急处置、故障自诊断与异常报警制动等功能。

## 7. 充填作业

建立智能充填系统，配备浓度、流量、料位、压力等多种智能传感器，具备自动制浆（进仓分配、配比控制、浓度控制、液位控制、料仓松动防堵等）、自主充填作业、自适应控制顶板、关键参数（充填骨料流量、浆体浓度、灰砂比等）实时监测与动态优化、设备（给料机、搅拌桶、浓密机、充填泵等）工况实时监测、故障自诊断与异常报警、管道智能监测与自动清洗、充填质量自动评价等功能，实现充填全流程无人化作业。

## 8. 辅助生产系统

建立矿山通风、排水、供电、压风、供水等智能化系统，实现矿山辅助生产系统智能化控制和无人值守。

### （1）通风系统

配置风速、风量、风压、温湿度、有毒有害气体及浓度等智能传

感器和智能控制系统,具备井下通风环境实时监测、通风网络实时解算与动态分析评价、通风设备与通风构筑物远程集中控制和就地控制、风量风速风向按需自动调节、故障自诊断与异常报警、灾变模拟及应急联动控制、三维可视化管理等功能。

## (2)排水系统

配置水位、流量、流速及管道压力等智能传感器和智能控制系统,具备水文参数与排水设备运行状态实时监测、单台水泵和多泵联排的远程启停和就地控制、水泵自动轮换控制、故障自诊断与异常报警、按需智能优化排水参数、三维可视化管理等功能。

## (3)供电系统

具备在线监测变配电站及供电线路等设备设施、遥测遥信遥调遥控遥视、设备故障自诊断与异常报警、自动隔离切换、电网异常位置判断、按需智能调整供电方案、三维可视化管理等功能。

## (4)压风系统

实时采集通风管道压力、空压机运行参数等关键数据,对空压机及冷却系统进行自动联动控制,具备按需自动启停空压机、空压机及冷却水泵(风机)自动轮换、故障自诊断与异常报警、三维可视化管理等功能。

## (5)供水系统

实时采集供水管道压力、流量流速等关键参数,具备水泵、闸阀等智能联动控制、管道泄漏和水泵故障异常报警、三维可视化管理等功能。

## 9. 安全监控

应用人工智能、大数据等技术,构建智能化安全监测监控体系,对人员常见不安全行为、设备不安全状态、环境不安全因素进行实时监测、智能识别、风险预判、安全预警、智能联动与应急响应,形成覆盖“人员—设备—环境”的全方位安全保障能力。

### (1) 人员行为监控

通过人员精准定位、视频 AI 行为识别和电子围栏等技术手段,对隐蔽地点作业、“三违”行为、防护缺失、人员误入等人的不安全行为进行智能识别与预警。

### (2) 设备状态监控

通过设备在线监测、AI 视频监控、机器人巡检等技术手段,进行设备智能巡检、故障智能诊断与预警、应急处置。

### (3) 环境因素监控

通过 AI 视频监控、智能传感、多源数据融合等技术手段,对空气质量、井下有毒有害气体、风速风量风压、温湿度、地压、水文、火灾等环境因素进行实时监测、智能分析与风险预警。

## 专栏 9 地下矿山安全监控

**水害监控预警系统:**在线监测井下水位、水压、水量等指标,具备实时采集分析、水害智能预测预警、应急响应等功能。

**火灾监控预警系统:**井下维修硐室、配电室、带式输送机等配备烟雾、一氧化碳等传感装置和智能喷淋、自动喷粉等灭火装置,具备火灾参数实时监测、数据分析、预测预警和联动控制等功能。

地压监测预警系统:采用应力、位移、微震等监测技术,建立点面结合的地压风险实时动态监测系统,具备地压实时监测、数据自动处理、智能分析和灾害风险预警等功能。

采空区监测预警系统:采用无人机激光扫描等技术,对采空区进行空间探测和形变监测,具备数据智能分析和灾害风险预警等功能。

AI 视频监控系统:应用 AI 视频识别技术全方位监控人员行为、设备状态及环境因素,对罐笼超员、违规搭乘运输设备、人员行为异常、未按规定巡检、防护缺失等人员不安全行为,对设备防护装置状态异常、设备表面状态异常、关键部件状态异常、运行状态异常等设备不安全状态,对安全设施失效、顶板支护失效、通风系统异常、火灾等环境不安全因素进行自动识别与风险预警。

## 10. 综合管控平台

建设融合矿山生产、安全等业务领域的智能化综合管控平台,涵盖资源勘查、生产勘探、开采设计、生产计划、掘进作业、采矿作业、提运作业、充填作业、辅助作业、安全管理等全过程,实现多源数据融合共享、智能协同管控。

### 专栏 10 地下矿山综合管控平台

综合管控平台:基于统一的编码体系、数据接口,实现安全管理、生产管理、设备管理、应急救援、实验室化验分析管理、数字孪生、分析决策等数据融合共享和智能管控。

安全管理模块:具备风险分级管控、隐患排查治理、风险监测预警、安全培训、特种作业管理、事故分析管理等功能。



生产管理模块:具备掘进、采矿、提运、充填、辅助作业等各生产工序的计划管理、智能调度等功能,支持工程量和损失贫化率自动统计分析。

设备管理模块:具备设备选型、采购计划、投入运行、在线盘点、工况监测、故障自诊断与异常报警、维护维修和报废再生等全生命周期闭环管理功能。

应急救援模块:具备应急救援预案自动调用、救援物资自动调配、救援队伍自动调度、避灾路线与救援路径自动规划、救援辅助指挥等功能。

实验室化验分析管理模块:具备样品记录、人员信息、仪器设备、标物标液、化学试剂、标准方法等集成管理功能。

数字孪生模块:具备矿山地表地形、工业场地、矿体、采场、井巷、采空区、设备设施等模型动态更新,设备运行参数及状态实时动态映射等功能。

分析决策模块:具备生产、安全、销售、成本、效益智能分析与辅助决策等功能。