

有色金属行业智能矿山 建设指南（试行）

目 录

一、建设目标.....	1
二、建设原则.....	1
三、总体设计.....	2
(一) 总体架构.....	2
(二) 建设路径.....	4
(三) 关键要素.....	6
四、建设内容.....	7
(一) 基础设施的数字化改造与建设.....	7
(二) 基于业务驱动的智能生产系统建设.....	11
(三) 基于服务型制造的智能服务应用建设.....	23
(四) 基于工业大数据的协同创新平台建设.....	23
五、基础支撑.....	25
(一) 资金投入.....	25
(二) 组织规划.....	25
(三) 人才队伍.....	26
(四) 运营维护.....	26
(五) 信息资源.....	26
(六) 标准体系.....	26

为贯彻落实《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《新一代人工智能发展规划》《智能制造工程实施指南（2016-2020）》等国家相关政策，按照《国家智能制造标准体系建设指南》的总体要求，切实推进有色金属矿山智能升级，特编制本指南。

一、建设目标

结合我国有色金属矿山开采环境复杂、生产流程不连续、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绿色、安全、高效的有色金属智能矿山，促进企业转型升级、高质量发展，提升绿色矿山和本质安全型矿山建设水平，实现提高生产质量和经济效益的目标。

二、建设原则

坚持因企制宜，注重实效。确立企业智能矿山建设的主体责任，根据企业战略，充分考虑矿山区域特征、工艺装备、管理模式、智能矿山建设基础，明确企业智能化建设重点，根据矿山所处阶段不同，因企制宜开展智能矿山

建设，新建矿山直接进行智能化规划与设计，在产矿山在已有信息化建设的基础上，进行智能化改造。

坚持整体规划，分步实施。把握智能制造发展方向和重点，从全局、整体层面进行顶层设计，围绕有色金属智能矿山建设主要环节和重点领域，结合矿山自身能力和业务需求等特点，分步实施，有序推进智能矿山建设。

坚持创新引领、数据驱动。通过互联网、5G 等技术夯实网络基础设施；基于数据驱动和机理融合的理念，应用大数据、人工智能、边缘计算等技术提升信息系统学习与认知的能力，解决有色金属矿山生产过程中开采工艺复杂、生产流程不连续、安全管理压力大等问题；利用 VR/AR 等技术形成人机混合增强智能，充分发挥工艺技术人员智慧与机器智能的各自优势，全面激发企业创新活力。

三、总体设计

（一）总体架构

有色金属智能矿山建设应采用基于工业互联网平台的云、边、端架构，建立面向“矿石流”的全流程智能生产管控系统，将矿山大量基于传统 IT 架构的信息系统作为工业互联网平台的数据源，继续发挥系统剩余价值，同时逐步推进传统信息化业务云化部署，实现矿山全流程的少人无人化生产。参考架构如图 1 所示：



图 1 智能矿山参考架构图

1. 技术架构

端：通过对生产设备进行智能化改造和成套智能装备的应用，实现全面感知和精准控制。

边：充分利用矿山原有及新控制系统数据，汇聚区域数据资源，实现边缘侧的数据分析和实时决策。

云：通过软件重构，开发基于数据和机理融合驱动的工业应用，实现数据资源的灵活调度和高效配置。

2. 智能应用

智能生产与管理：聚焦矿山采选和运营管理层面，通过对实时生产数据的全面感知、实时分析、科学决策和精准执行，实现面向“矿山规划-地质建模-采掘计划-采矿设

计-采矿作业(落矿-出矿-运输-提升)-选矿(破碎-球磨-浮选-浓密-脱水)-尾矿充填-尾矿排放”全流程的、以“矿石流”为主线的生产过程优化；通过对产品、设备、质量、能源、物流、成本等数据的分析，实现管理决策优化。

智能服务：聚焦供应链层面，通过对供需信息、制造资源等数据的分析，实现资源优化配置。

协同创新：聚焦协同创新，通过对生产过程数据和矿山运营数据的分析、挖掘，不断形成创新应用。

(二) 建设路径

坚持“融合发展，并行推进”，循序渐进地推进企业智能矿山建设进程。

1. 现有矿山

(1) 依据矿山实际业务特点和支撑配套条件，对企业智能制造基础进行评估，编制总体规划，根据矿山实际需求紧迫程度、基础条件和资金承受能力等因素制定实施方案，明确任务目标、预期成果及详细的实施计划，分步开展建设。

(2) 开展信息化标准化的建设工作，制定数据标准、流程标准、操作标准；对设备进行数字化、智能化改造，对生产过程进行自动控制，加装智能视频监控和智能仪表，开展成套智能装备应用，实现矿山数字化、网络化、少人

化。

(3)开展矿山智能生产系统建设,实现矿山资源数字化、采选生产过程智能控制、安全管理的集成化等,实现矿山固定设施无人值守自动化、采矿装备智能化与选矿流程自动化,实现矿山全流程的少人无人化生产。

(4)建设工业大数据分析平台,充分挖掘数据潜在价值,结合过程机理实现设备故障智能诊断、过程参数优化、生产流程优化、数字仿真优化、经营决策优化等。以工业互联网技术为基础,逐步打造具有自感知、自分析、自决策、自执行、自学习的有色金属智能矿山。

2. 新建矿山

依据新建矿山特点和配套条件,根据可研报告、初步设计编制总体规划,结合矿山实际需求紧迫程度、基础条件和资金承受能力等因素制定实施方案,明确阶段任务目标、预期效果及详细的实施计划,分步开展建设。

(1)基建阶段完成对智能设备的提资,完成工控网络、视频网络、信息化基础设施、物联网等的建设,做到矿山数据通信网络化,构建矿山信息传输、处理、存储平台和集中管控体系。

(2)基建后期到投产期内,同步开展矿山智能生产系统建设,实现矿山资源数字化、采选生产过程智能控制、

智能生产管理与执行等，实现矿山固定设施无人值守自动化、采矿装备智能化与选矿流程自动化，实现矿山全流程的少人无人化生产。

(3) 投产并实现达产达标后，在积累一定量数据的基础上，开始建设工业大数据分析平台，充分挖掘数据潜在价值，实现设备故障智能诊断、过程参数优化、生产流程优化、数字仿真优化、经营决策优化等。以工业互联网技术为基础，打造具有自感知、自分析、自决策、自执行、自学习的有色金属智能矿山。

针对现有矿山、新建矿山的不同特点，鼓励有条件的大型矿山企业建设工业互联网平台，鼓励中小型矿山企业使用工业互联网平台。鼓励矿山企业以硬件、软件、数据等基础要素迁入云端为先导，快速获取数字化能力，不断变革原有体系架构和组织方式，有效运用云技术、云资源和云服务，逐步实现核心业务系统云端集成，促进跨企业云端协同。

(三) 关键要素

1. 安全高效

通过机械化换人、自动化减人、智能化代人、预测预警救人等模式，提高矿山生产效率、增强本质安全水平、降低损失贫化率，达到降本增效、安全可靠、减少资源损

失等目标。

2. 节能环保

通过建设能耗实时监测与智能优化管控、排放综合监控等系统，降低能耗、减少排放，实现能耗最优化控制、排放实时监管等目标。

3. 资源循环利用

通过废水指标实时监控与控制、尾矿充填自动化控制与最优化调控、尾矿输送安全监测及尾矿建材自动化加工等，高效循环利用废水、提高尾矿充填利用率及尾矿建材化利用水平，实现尾矿资源的综合利用和废水资源的无害化与零排放。

四、建设内容

围绕物联网、云计算、大数据、人工智能、5G 等新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合，在矿山的感知层面、管控层面、决策层面实现新的业务模式、新的管理模式，推进矿山企业转型升级，实现高质量发展。

（一）基础设施的数字化改造与建设

结合矿山生产工艺流程，应用自动控制、智能感知等技术对凿岩台车、铲运机、卡车、装药车、破碎机、磨机、浮选机、浓密机等采选工业设备及其他基础设施进行数字化改造，完善工业网络及信息安全建设，通过生产设备的

自动化、集成化、智能化改造替代人工操作，以设备改造提升实现节能减排，减员增效，提高劳动生产率和资源综合利用效率。

1. 智能感知

鼓励矿山企业加快部署环境感知终端、智能传感器、智能摄像机、无线通信终端、无线定位终端等数字化工具和设备，融合图像识别、振动感知、声音感知、射频识别、电磁感应等关键技术，实现矿山环境数据、采矿装备状态信息、工况参数、选矿离线化检验数据、尾矿输送自动化监测数据、尾矿充填工艺数据、移动巡检数据等生产现场数据的全面采集，实时感知生产过程和关键装备运行数据和状态。

专栏 1：智能仪器仪表

通用仪器仪表：智能摄像机、实时定位系统等。

采矿仪器仪表：风压传感器、风速传感器、应力应变传感器、位移传感器、流量传感器、料位传感器、液位传感器、浓度传感器、微震传感器、有毒有害气体传感器、三维激光扫描仪、卫星测量仪、雷达遥感测量仪、无人机航测系统等。

选矿仪器仪表：矿浆品位在线分析、皮带矿石品位在线分析、矿浆粒度在线分析、矿浆浓度在线分析、矿浆 pH 在线检测、矿浆溶液离子浓度在线分析、浮选泡沫自动分析、矿石块度自动分析、半自磨/球磨机负荷在线监测、半自磨/球磨机声音检测、半自磨/球磨机衬板磨损在线检测、旋流器状态监测、选冶氰根在线分析、浸出槽碳浓度在线分析、矿浆贵金属在线分析仪、矿物组成在线分析等。

2. 智能装备

在有色金属矿山生产劳动作业强度大、作业环境恶劣（高温、多粉尘、噪音大等）、人员安全风险大的凿岩、装药、支护、铲装、运输等岗位，鼓励矿山应用智能凿岩台车、智能锚杆台车、智能铲运机、智能卡车、智能装药车等具备自主行驶与自主作业功能的采矿装备进行凿岩、装药、支护、铲装、运输等作业，鼓励开展老旧采矿装备的智能化改造，降低人员劳动强度，提高生产安全性、质量稳定性和生产效率。

专栏 2：智能装备

露天采矿装备：智能潜孔钻机、智能牙轮钻机、智能装药车、智能挖掘机、智能卡车等。智能潜孔钻机、智能牙轮钻机、智能装药车、智能挖掘机等智能装备支持远程遥控作业功能，智能卡车具备自主行驶、自主卸载等功能。

地下采矿装备：智能凿岩台车、智能锚杆台车、智能铲运机、智能卡车、智能装药车等。智能凿岩台车可与三维矿业软件无缝对接，有条件的可基于三维设计自动进行凿岩；智能锚杆台车可实现远程遥控作业，有条件的可支持锚杆锚网联合支护等功能；智能铲运机支持视距、远程遥控及自主行驶等多种模式，有条件的矿山可探索无人铲装作业功能；智能卡车可实现自主行驶；智能装药车具备自主寻孔、自主装药等功能。

选矿装备：智能摇床、智能高效磨机、智能浮选机、智能高梯度磁选机、浓密机等。智能破碎机可识别原矿及产品粒度，自适应调整排矿口尺寸等参数；智能高效磨机可实现磨机负荷状态等特征的自动识别、实现磨机转速、给料量、磨矿浓度等参数的自适应调控；智能浮选机可根据矿石性质、实时泡沫图像和矿浆在线监测系统对槽内的液位、充气量、药剂量等进行自动调控；智能高

梯度磁选机可根据矿石性质进行聚磁介质的自适应匹配和自动调控。

3. 网络建设

整体规划部署矿山控制网、生产网、办公网、监控网等网络，采用工业以太网、无线通信等技术实现不限于生产实时数据、多媒体信息和管理数据等的传输交互，优先保障控制网的通信畅通与冗余安全，实现主要办公区、主要巷道、受控区域(包括但不限于水泵房、变电所、炸药库、避灾硐室等)、装备作业区等重点区域的网络全覆盖。

搭建矿山物联网平台，提升网络的布局布点与覆盖范围，实现地面与井下的无障碍通讯，满足大批量人员与移动设备精确定位、设备实时控制、大批量实时工业数据的采集与传输等要求。

对工业网络进行改造，鼓励有条件的矿山开展 IPv6、5G、NB-IoT 等新型技术的规模化试验和应用部署，采用无线 Mesh 网络、Ad-hoc 网络等技术实现全部移动装备和作业人员的无缝信息交互。鼓励矿山配备高系统容量、高传输速率、多容错机制、低延时的高性能网络设备，采用分布式工业控制网络，建设基于软件定义的敏捷网络，实现网络资源优化配置。

专栏 3: 5G 的应用场景

露天/地下矿山无人驾驶：基于 5G 网络大带宽的优势，利用 ADAS 技术，开展矿山无人驾驶系统建设与应用，减少现场作业人员，实现安全、减员，支撑企业降本增效。

培训与应急演练：基于 5G 网络大带宽的优势，利用 AR、机器视觉等技术对矿山生产过程进行虚拟仿真，对生产操作人员进行培训和应急演练。

4. 信息安全

按照国家《网络安全法》以及工业互联网安全相关文件及标准规范进行规划，构建一个中心管理下的多重安全防护保障体系，即以安全管理中心为核心，涵盖物理环境安全、应用系统安全、网络安全、数据安全、应用安全、主机安全、网络通讯安全及备份与恢复等的技术体系。

聚焦矿山内外网安全、工业控制网安全及安全管理系统平台等方面，重点关注工控网安全防护建设。建立健全信息安全管理制，通过信息安全体系实现统一管控，形成主动防御、综合防护的技术保障体系，提高信息安全的态势感知、监测预警、应急处置、追踪溯源能力。

（二）基于业务驱动的智能生产系统建设

鼓励矿山企业基于“业务驱动”理念，利用工业自动化、云计算、物联网、传感网络、虚拟现实与仿真、精确定位与导航、高带宽有线/无线通信、数据挖掘、人工智能等技术，建立具有工艺流程优化、动态排产、能耗管理等

功能的智能生产系统，构建面向“矿山规划-地质建模-采掘计划-采矿设计-采矿作业(落矿-出矿-运输-提升)-选矿(破碎-球磨-浮选-浓密-脱水)-尾矿充填-尾矿排放”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，实现企业生产的绿色、安全和高质高效。

1. 矿山资源数字化

在三维可视化平台下，建设集地质资源管理、测量管理、采矿智能设计等功能于一体的矿山资源数字化系统，实现矿山地质资源模型的精确构建与实时更新，并通过数据存储、传输、表述、深加工和融合等数据处理环节，使地质资源信息在矿山地质、测量和采矿之间数字化流转，实现矿山地质资源信息的精准统计、高效处理和实时共享，并在此基础上科学迅速完成矿山规划设计，形成矿山智能生产的基础条件。

专栏 4: 矿山资源数字化系统

地质资源管理系统: 将原始勘探数据、生产勘探数据和炮孔岩粉样数据等进行可视化，实现勘探数据的直观形象显示，完成矿床品位分析、矿床三维模型建立和储量估算等。在此基础上，实现资源储量升级、核减、二/三级矿量圈定等资源储量的动态管理。

矿山测量管理系统: 快速处理经多种仪器、多种测量方法取得的测量数据，建立地表、爆堆、巷道、采空区等三维模型，计算工程量。

采矿智能设计系统: 通过参数设置完成露天、井下道路设计，根据设计参

数计算工程量，生成设计模型。对于露天开采，实现中长期计划、短期计划、露天爆破设计；对于地下开采，通过设置参数完成炮孔布置、炮孔装药、爆破量计算，实现完善的采准、切割、回采设计和地下爆破设计。根据矿体、巷道模型、品位模型等数据进行计划编制，支持在三维可视化环境下根据工程类型、施工条件等对计划进行动态更新。

2. 采矿生产过程智能控制

结合有色金属矿山开采环境复杂、作业地点分散、生产流程不连续、大部分矿山生产规模较小等实际情况，在凿岩、装药、出矿、支护、溜井放矿、运输、提升等采矿重点作业环节，设备分散、动态性强、作业环境恶劣、安全隐患突出，鼓励矿山企业利用机理建模、虚拟仿真、自动控制、人工智能等多种手段，应用先进工业控制软件，实现先进控制层的参数优化与协同，实现自动控制与自主运行。

（1）采矿固定设施自动控制

针对矿山的供电、压风、通风、排水、充填、提升等位置固定、设备运转规律性强且操控方式相对简单的作业，建设固定设施自动控制系统，在实现现场无人化操作的前提下，通过智能控制算法保证系统连续高效运转，实现无人值守。

专栏 5：采矿固定设施自动控制系统

矿山供电监控系统：对地面箱式变电站、井下变电所、采区变电所、线路等变输配系统和设备的在线参数检测，实现地面调度中心对供电设备的遥测、遥调和遥控。鼓励有条件的矿山企业实时监控各个开关柜的电压、电流、功率等参数及开停状态，实现故障自动检测、定位、预警，通过加装烟感和电缆温度检测系统提高安全生产水平，实现高压、低压供电管理无人值守。

矿井压风自动监控系统：实现空压机及冷却系统自动联动控制，按程序自动执行启停及加卸载操作；实现按需自动启停一台或多台空压机，完成空压机的自动加卸载控制；实现空压机及冷却水泵自动轮换功能；实现对排气温度、电机定子温度、冷却水温度超温报警，冷却水压力、润滑油压力、冷却水断水、过载停机、电源逆相、缺相保护、超过最大工作压力安全阀动作、空气过滤器堵塞、油过滤器堵塞、油气分离器堵塞等故障的自动报警功能；具备远程启停和就地控制功能。

矿井通风自动控制系统：建设对风速、风压、风温、有毒有害气体浓度进行自动连续监测的传感系统，实现控制系统的远程和就地控制功能。鼓励有条件的矿山企业对主扇、局扇及辅扇进行联动控制，实现按需通风。

矿山排水自动监控系统：建设对水仓水位，水泵流量、排水压力、负压(真空度)、轴温、阀门状态、运行效率，电机轴温、定子温度、电压、电流、电耗、功率、运行效率等参数进行监测的传感系统，实现单台水泵和多泵联排的远程启停和就地控制功能。

矿山尾矿充填自动控制系统：采用充填工艺的矿山，建设尾矿充填自动化系统，实现进仓分配、放空及冲洗、水泥仓下料量的配比控制、砂仓放料监测、料位、液位监测、联锁调节、充填尾砂浓度控制、充填尾砂量与水泥的比例控制、充填矿浆干矿量计量及浓度控制、搅拌桶液位控制、液下泵池液位检测、污水泵控制、水量计量、料仓松动防堵和充填管道清洗控制系统、尾矿输送泵房尾砂输送缓冲池、尾砂搅拌槽、水封水池液位检测和报警、尾矿输送泵房尾矿输送管路恒压输送。

矿井提升自动控制系统：实现连续速度监控、逐点速度监控、井筒开关监控、所有编码器之间的相互监控、重载下放监控、重载提升监控，完成对速度、位置和力矩的闭环控制和故障处理保护回路，实现精准停车。

(2) 采矿装备智能控制

针对矿山凿岩、装药、出矿、支护、溜井放矿、运输等作业地点分散、动态性强的作业，建设采矿装备智能控制系统，实现采矿装备信息动态精确采集、装备高精度定位、无轨装备远程操控与精细化管理、有轨装备远程控制、溜井料位实时监测、斜坡道信号自动控制、固定式作业装备远距离控制、露天采矿卡车调度等功能，达到主生产作业或危险区域设备自主运行、作业现场少人无人化的目的。

专栏 6: 采矿装备智能控制系统

采矿装备信息采集系统: 对作业装备动力系统、传动系统、制动系统、作业执行机构工况参数进行动态精确采集、融合处理及实时传输，配备车载控制器、数据采集装置，直观反映装备工况状态，实现对常见装备运行故障的预警，并支持以太网、Wi-Fi、5G 等数据传输功能。

采矿装备高精度定位系统: 配备位置显示软件、定位引擎软件、定位基站、定位终端，实时监测有轨、无轨装备移动作业过程，精准反馈装备位置及行驶信息，连续化描述装备运行轨迹。鼓励有条件的矿山建设具有车载显示终端的系统，实现全局装备位置及工况信息的实时推送。

采矿无轨装备远程操控系统: 通过固定网络通信设备、远程操控台、控制服务器、车载无线通信终端、车辆定位装置、车载控制器、数控执行机构、无线视频摄像机、电缆、光缆、接线盒、避雷器、软件等，实现工况条件不佳作业区域矿用铲运机、矿用卡车、装药车全部作业工序(寻孔、装药、铲装、运输、卸载)及行驶的视距遥控与地表远程遥控。

采矿无轨装备精细化管理系统: 建设涵盖矿山主要无轨装备(矿用铲运机、矿用卡车)的全流程作业管理系统，配备车辆标识卡、车辆定位基站、车载传

输终端、车载存储设备、作业分析和管控软件，实现装备运行路线追踪、违规作业识别(矿废混倒、空载)、危险驾驶行为识别(疲劳驾驶、超速、急转、急停、闯限)、装备作业量和作业效率统计等功能。

斜坡道信号控制系统：对斜坡道运输系统的信号装置状态、车辆位置、运行方向等进行检测，实现信号装置的自动控制、调度、闭锁、显示、定位、信息管理、报警、车辆信息识别、重演、分级权限、故障诊断等功能。

固定式作业装备远程控制系统：通过固定网络通信设备、远程操控台、控制服务器、无线通信终端、运动控制器、数控/液压执行机构、数字摄像机、电缆、光缆、接线盒、避雷器、软件等，在保留固定式破碎机、振动式放矿机现场手动操作功能的基础上，实现地表远程作业控制、电气和机械参数采集、设备故障预警，鼓励有条件的矿山实现装备预维护。

溜井料位监测系统：采用料位计实时监测溜井料位，实现料位阈值的超载、欠载预警，具备数据实时上传功能及二次开发接口。

有轨装备远程控制系统：建设生产运输管理平台(派配调度系统、机车远程驾驶平台、机车装载控制系统、生产运输精细化管理)、数据支撑系统(井下车辆移动通信网络、信集闭系统)、生产状态监测系统(井下目标高精度定位系统、车辆运行监测系统、远程装矿监测系统)及前端无人化作业系统(无人化电机车、远程放矿系统、轨道衡自动称重系统)，支持远程遥控驾驶和智能化无人驾驶，实现矿石品位配比、最优运力调度、机车无人驾驶、自动装载、矿石自动卸载、矿石自动称重、机车安全预警及生产数据精细化管理等功能。

露天采矿卡车调度系统：通过车载终端、通信设备、调度软件等，实现车辆实时定位、行车管理、配矿、车辆调度、信息发布、运输计量、违规违章监测、轨迹查询、统计报表等功能。

3. 选矿生产过程智能控制

(1) 选矿智能在线检测系统

针对有色金属矿山多元素资源共生的特点，建设选矿智能在线检测系统，采用智能化的在线检测技术解决有色

金属选矿过程中的特种参数检测问题，包括有色金属选厂中稀有/贵金属在线检测分析、矿浆在线监测、矿物组成在线分析、选矿过程智能图像识别技术和新型产品的应用等，实现选矿过程状态的边缘计算感知。

(2) 选厂智能运行操作优化系统

建设装备远程智能监控和预测性维护系统，提高装备运转率；建设有色金属选矿全流程智能化控制系统，形成专家规则控制，实现少人无人操作调控，稳定工艺流程，优化操作岗位，稳定选矿工艺技术指标。

专栏 7: 选厂智能运行操作优化系统

破碎过程智能化操作控制：通过破碎全流程视频监控、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，降低破碎停车故障，提高破碎运行效率。

磨矿分级过程智能化操作控制：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，减少波动。

选别过程智能化操作控制：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。

浓缩脱水过程智能化操作控制：基于浓密过程智能监测技术，结合操作经验、机理变化趋势以及生产数据分析，形成浓缩脱水专家控制规则库，实现浓密机底流排矿优化与节能控制，提高浓密机底流放矿浓度，实现浓密与脱水过程峰平谷优化调度。

(3) 选矿全流程优化决策系统

针对有色金属选矿破碎、磨矿分级、选别、浓密各生产环节由智能系统控制、各工艺环节之间需要协同的问题，建设全流程生产优化决策模型和决策指导软件系统。根据精矿产品规格等级、生产产量、质量等目标，并考虑选矿关键设备生产能力、原矿资源约束及质量波动、电量消耗、药剂材料消耗等因素，敏捷优化决策选矿各工艺环节的技术指标，并结合碎-磨-选-浓密生产各环节的运行工况变化，动态调优原矿、设备等资源配置，提升经济指标。

4. 本质安全管理

针对矿山作业环境恶劣、人员安全风险高、安全管理压力大等问题，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。

专栏 8: 安全管理信息化系统

矿山人员管理系统：在符合《金属非金属地下矿山人员定位系统通用技术要求》（AQ/T 2051-2016）规定功能和性能指标基础上，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。鼓励有条件的矿山采用 RTLS 技术实现作业人员亚米级精度的实时位置追踪。

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。鼓励有条件矿山支持双向报警及数据远程实时共享。

矿山安全监测及避险系统：地下矿山方面，建设安全监测及避险系统，对井下环境、人员等进行实时监测，建设对应紧急避险系统，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。鼓励有条件的矿山采用位移、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。同时，在具备尾矿库的矿山建设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。

5. 生态环境管理

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。

6. 生产经营管理

采用业务驱动和数字驱动相结合的管理理念，围绕设备、能耗、化验、计量、物流等矿山核心业务主线，建设集成、智能、协同的生产经营管理系统。

(1) 设备运维

建设设备远程智能监控和预测性维护系统，提升设备最大处理能力并保证设备安全，降低系统维护工作量，减少生产故障导致的停车时间。针对矿山生产装备、生产流程操作以及生产管理等多级监测、控制以及决策优化系统，鼓励有条件的矿山实现故障诊断定位、分析以及纠偏。

(2) 能耗管理

建设由能耗计量装置、数据传输系统及监控平台组成的矿山能耗实时监测系统，实现矿山固定设施及大型作业装备等的实时能源消耗监测、能耗统计、故障分析、数据追溯。鼓励有条件的矿山采用具有无线抄表功能的智能化能耗监测方案，降低系统部署及运维成本。鼓励企业建设矿山能耗优化调度系统，以企业能源实时成本、产能指标、

生产计划为决策依据，建立矿山能耗优化模型，动态调节矿山大型用电耗能设施、装置的作业计划，降低矿山整体能耗水平，优化生产能耗成本。

（3）化验管理

建设实验室化验分析管理系统(LIMS)，实现对有色金属复杂矿物成分、矿石品位等指标化验过程的在线实时监测与管理，对实验室化验数据和信息进行收集、分析、报告和管理，实现业务流程、样品记录、人员、仪器设备、标物标液、化学试剂、标准方法等方面的集成管理。

（4）物流管理

建设称重计量无人化管理与智慧物流系统，针对原料采购、成品销售及厂内物资倒运、物资调拨过程进行计量管理，实现地磅无人化管理和物流跟踪功能，对称重计量数据进行自动采集、实时监控，实现数据的查询、统计、汇总、共享，解决计量数据的真实性、唯一性、准确性和实时性问题。结合定位系统，实现对车辆进出场实时定位，实现材料物资称重、化验质检管理、在途跟踪以及相关订单信息的综合管理。

7. 矿山虚拟仿真

鼓励矿山企业利用高性能计算、VR/AR、区块链、人工智能、GIS、通信、传感、控制与定位等技术建设矿山生产

场景和关键设备或工序的虚拟化仿真模型，通过与物理系统进行数据实时交互，打造数据孪生体系。鼓励企业建设全流程的矿山虚拟仿真系统，实时展示矿山生产状态、设备运行工况、人员及移动设备位置，预测矿山生产指标、分析生产的瓶颈环节，优化生产工艺流程及设备匹配关系，实现生产辅助决策与动态优化。鼓励企业通过应急疏散仿真，合理规划疏散设施及路线，根据事故场景确定最优救援方案，为疏散及救援提供最优方案辅助决策。

专栏 9：虚拟仿真场景

虚拟采矿：通过虚拟现实、GIS、通信、传感、控制与定位等技术，建设有色金属采矿三维可视化虚拟集中管控系统，将真实矿山生产场景在虚拟环境中平行体现，实时展示矿山开采状态、设备运行工况、人员及移动设备位置，并进行综合分析、预警告警和全局决策分析。

虚拟选厂：建设有色金属选矿设计与流程模拟平台，描述实体选厂、预测实体选厂指标、引导实体选厂智能优化。通过对选矿破碎、磨矿、分级、选别、浓密脱水过程的建模仿真计算，实现选矿流程内关键设备的运行状态模拟，单元流程内各节点量化指标计算，稳定和提升选厂技术指标。

虚拟采矿及虚拟选厂核心建设内容如下：

关键设备数学建模：对铲运机、凿岩台车、装药车、破碎机、半自磨/球磨机、旋流器、浮选机/柱、浓密机、仓/池、泵等的机理进行分析，结合数据模型，实现模块化应用。

全流程模拟与实体指标预测：对凿岩、爆破、铲装、运输、破碎、磨矿、分级、选别、浓密等流程组态进行仿真模拟，预测实体采选过程指标，包括损失贫化率、出矿品位、出矿量、碎磨粒度、浓度、填充量，浮选时间、浮选浓细度、品位，浓密沉降参数以及过程能耗等。

全流程生产指标优化：开展超实时模拟计算，根据预测结果给出操作建议，

通过改变操作变量，对自动控制操作进行纠偏，实现节能控制与操作优化，降低凿岩、装药、铲装、运输、磨矿、选别、浓缩脱水等工序能耗，提升工序技术指标。

数字孪生(虚拟仿真工厂): 创建设备、管线、物料、仪表等对象模型，实现虚拟集成平台应用。建设采选设备三维虚拟对象模型、检测仪表及辅助设备三维虚拟对象模型以及各个交互系统，实现孪生数据集成、交互式遨游、模拟试验等功能。

(三) 基于服务型制造的智能服务应用建设

鼓励矿山企业创新服务模式，基于非核心生产数据以及生产工艺过程控制技术 etc 开发封装应用软件或数据服务接口，将有色金属矿山采选知识和技术模型化、模块化、标准化和软件化，并积极与行业工业互联网平台对接，形成工业 APP，为行业其他企业提供服务。

专栏 10: 优先上云的工业 APP

设备远程运维: 针对凿岩台车、铲运机等有色金属矿山生产过程中的主体采矿设备，基于工业互联网平台，整合设备机理、设备运行数据、企业管理数据以及相关算法模型，开发设备远程运维工业 APP，实现设备状态实时监控、指标统计分析、主动预警维护和及时运维服务。针对破碎机、高压辊磨机、磨机、浮选机、浓密机等选矿设备，实时监测设备运行状况、提供定期的设备健康评估报告、故障诊断与预测性维护服务；针对生产流程提供 KPI 信息可视化、工艺数据分析、运行参数优化等服务。

(四) 基于工业大数据的协同创新平台建设

鼓励集团型矿山企业建设基于工业大数据的协同创新

平台，统筹集团下属智能矿山建设，构建集数据资源库、先进数字化工具、虚拟仿真环境等于一体的协同创新体系，打通矿山地质、测量、采矿、选矿等全流程数据链，提升基于大数据分析的生产智能控制、运行优化、决策优化和生产现场优化等能力，加速矿山生产向自决策、自适应转变。

1. 规范数据治理

对矿山地质、测量、采矿、选矿等全流程各个环节所产生的各类数据进行汇总，建立统一的数据存储与管理平台，实现生产实时数据、历史数据等各类数据的集中存储和管理，并且具有历史数据迁移功能，支持云服务。选择合理安全的数据存储架构及高效稳定的数据计算引擎和处理工具，为开展大数据的全面分析、深度挖掘、情报检索、可视化展示提供数据基础。

2. 数据应用创新

基于数据驱动的理念，采用数据挖掘技术从海量数据中挖掘数据价值，采用描述性分析、预测性分析、诊断性分析和指导性分析等分析方法，对矿山生产过程和经营管理活动中的各业务场景进行应用创新，实现对生产指标趋势分析、成本细化和趋势分析、设备管理分析、采购分析、品位变化趋势、选矿工艺数据分析等，提供灵活的指标监

控、报表查询、多维图形展示和综合分析，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。

专栏 11：工业大数据主要创新应用场景

智能矿山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：以分布式云计算为基础，以大数据分析计算资源为支撑搭建大数据分析软件，利用数据挖掘算法和分析模拟功能对数据进行专业化处理，为矿山生产经营提供智能分析和决策支持。

智能矿山决策支持系统：实时查询生产运营数据，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。

五、基础支撑

（一）资金投入

根据企业经营情况及实际建设需求，确定投资规模，明确资金来源，确保资金投入。制定企业资金使用管理制度，明确职责、流程、方法，确保资金使用规范与及时投入。

（二）组织规划

根据矿山自身的需求，制定专项战略规划，做好顶层设计，建立合理的组织架构，加强组织领导，设置专职管理、业务及技术运维岗位。鼓励企业将企业一把手设置为专职管理部门的负责人。

（三）人才队伍

加大人才引进和复合型人才的培养，鼓励企业构建内外结合的智能矿山人才储备机制，实现依托外部专家团队、智能制造系统解决方案供应商完成尖端技术攻关、科研成果转化、项目建设实施，依托内部人才队伍完成系统运营维护的人才格局。

（四）运营维护

依据企业管理模式及生产需要编制智能矿山系统运维及升级准则，规范各类智能矿山系统、装备的工作流程与维护保养规程。

（五）信息资源

开展企业内部网络信息资源管理标准化工作，构筑与智能矿山工厂建设规划相匹配的网络信息资源管理标准化体系，规范企业信息资源的管理和使用。

（六）标准体系

在遵循有色行业及智能制造领域已发布的相关标准规范的基础上，鼓励企业建立包含但不限于如下所列标准和

规范体系：数据编码规则、数据治理流程规范、数据使用规范、业务流程标准、数据库设计规范、运维服务规程、运维管理规程。