

[智慧矿山]

有色金属开采的智慧矿山建设

文/王建国
白银有色集团股份有限公司

运用5G、物联网、大数据、云计算和人工智能等技术建设智慧矿山，成为矿产资源开发的新征程，为资源可持续开发，保障我国资源安全带来了新的理念和方法。从智慧矿山的内涵、发展趋势、实施路径和建设内容进行研究，旨在为我国智慧矿山建设提供参考和借鉴。

矿产资源是国家发展的重要物质基础，保障了经济增长、国民生活需求以及国家可持续发展。有色金属矿产是现代工业、农业、国防和科学技术不可缺少的原材料，更是发展高科技不可替代的基本原料。然而传统的有色金属矿山开发模式资源综合利用率较低，管理粗放，安全和环境问题突出。特别是在当前全球资源紧缺的情况下，要想实现资源可持续开发，提高矿产资源利用率和降低矿产开发成本刻不容缓。

智慧矿山建设在这一背景下应运而生。通过物联网等新兴技术构建智慧矿山管理平台，将生产过程、人员管理、设备管理和经营决策等融合在一起，实现矿山生产过程的自动检测、智能监测、智能控制与智能调度，方便企业随时随地掌握矿山运行信息，有效提高生产效率和资源利用率。

有色金属开采的智慧矿山内涵

有色金属智慧矿山是指在矿业领域通过信息技术与大数据、云计算、物联网和工业互联网等新一代技术进行整合，对矿山资源勘探、规划建设、安全生产、经营管理和决策等全过程实现数字化，并对相关属性进行加工、处理、应用，实现信息的集成和共享，实现矿山生产管控一体化，使矿山形成能够自我学习、自我理解、自我调整和自我管理的智能系统，在生产过程中不断提高资源和能源利用

率，降低能源消耗，提高生产效率，减少对环境的破坏，建设“安全、高效、绿色、智能”的现代化矿山。

有色金属开采的智慧矿山发展趋势

未来矿产资源开发与利用，应重点关注将新兴技术向矿业领域的深度拓展与融合，形成多学科、多领域的研究与应用新局面。运用新兴技术，实现矿山的自动运行、智能控制、辅助决策和在线诊断等功能，提高矿山生产管理水平生产效率。通过生产工艺优化、污染物削减、资源节约和环境修复等措施，降低能源消耗和提高安全性，促进矿业绿色发展。通过信息技术与矿业的深度融合发展，缩小矿业与其他产业之间的数字鸿沟，加速矿业向绿色、智能和高效的发展方向迈进。引导矿产资源开发领域产业链优化升级，贯通产业链上下游，增强产业链整体竞争力。

有色金属开采的智慧矿山实施路径

有色金属开采的智慧矿山建设与有色金属冶炼智能工厂建设等智能化建设一样，都是较为复杂且漫长的过程，且矿山环境特殊，智慧矿山建设难度更大。因此，不管是新建矿山还是已有矿山，智慧矿山建设都应做好顶层设计，明确智慧矿山建设的最终目的、发展路径和总体目标，关注国内外智慧

矿山现状及发展趋势，对标先进企业，充分应用新兴技术，制定适合企业自身的智慧矿山建设规划，

如图1所示。

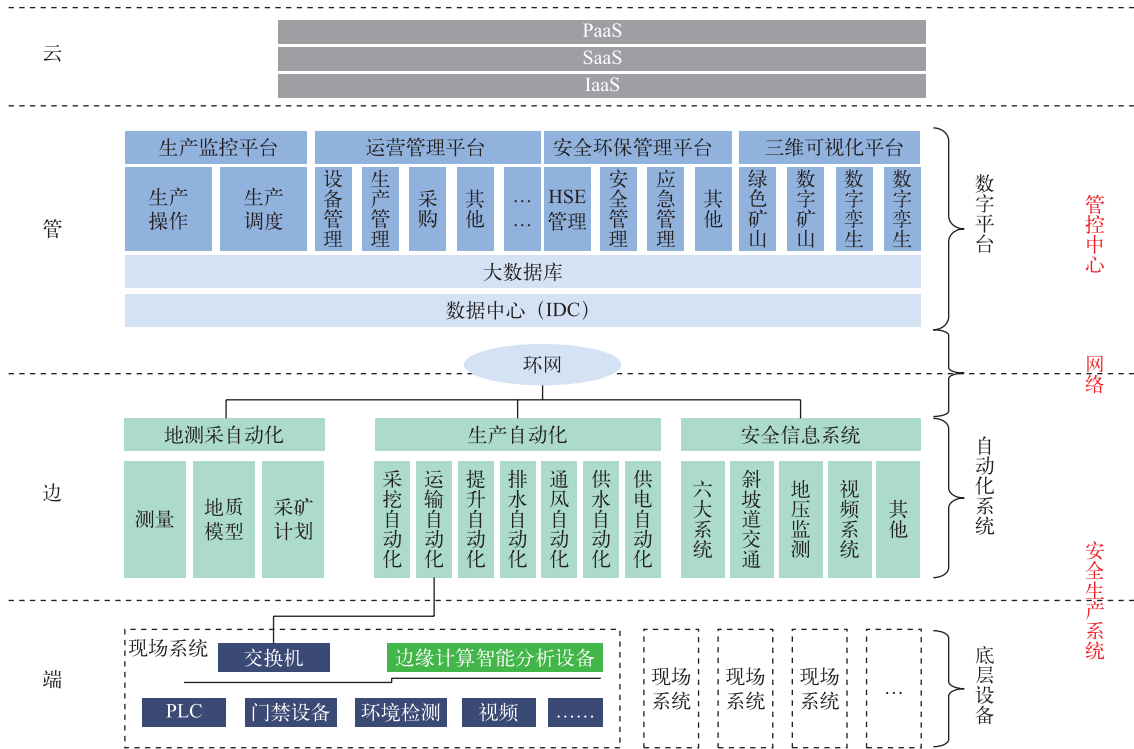


图1 智慧矿山架构

根据智慧矿山建设规划，结合企业现状及现场实际情况，制定详细的建设方案，明确实施范围、建设内容和实施计划等。以矿山地质、资源储量、生产计划、矿山地理信息、矿山安全监测和矿山采选生产工艺监控等为主要管控目标，实现矿山对采选设备、生产工艺与安全系统的可查可控、可视化，对矿山生产系统信息的在线掌控，达到即时、全面和准确地管控矿山安全与生产状况。

有色金属开采的智慧矿山建设内容

有色金属智慧矿山建设是通过物联网、云计算、大数据和人工智能等新一代信息技术与矿山生产物理系统深度融合，使矿山在矿产资源开采、装备控制、数据管理、生产管理、安全管理和运营等方面全面实现数字化、网络化和智能化，从而大幅提高劳动生产率和资源综合利用率，提升生态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。

(1) 网络与数据中心建设

要实现矿山数字化，首先要完成矿山基础网络

与数据中心建设。建设全矿区局域网，涵盖办公局域网和生产网络（包含地表和井下两部分），实现全矿完整的办公网、工业控制网的传输网络，将矿山生产、经营和管理等信息系统之间实现互联互通，避免出现“信息孤岛”，实现统一架构，按需进行分层分区的管理。建设集数据采集、集成、存储、共享、分析、挖掘和应用等功能于一体的数据存储与管理平台，更好地将数据作为资产加以组合利用，形成高效的数据信息共享环境，支撑管理决策、资产增值和价值创造。建立完整的矿山信息化体系结构，通过网络、设备和数据三个层面，搭建智慧矿山信息流转通道，实现矿山信息的快速流通与整合，如图2所示。

(2) 装备控制

为提高矿山生产自动化水平以及提高设备安全性和使用寿命，应充分应用物联网技术，使生产设备实现数字化控制，同时普及智能装备的应用，使矿山管理与先进设备深度融合。例如使用5G网络、自动驾驶技术、测绘导航技术和远程控制技术，在智能算法的支持下实现凿岩台车的智能化控

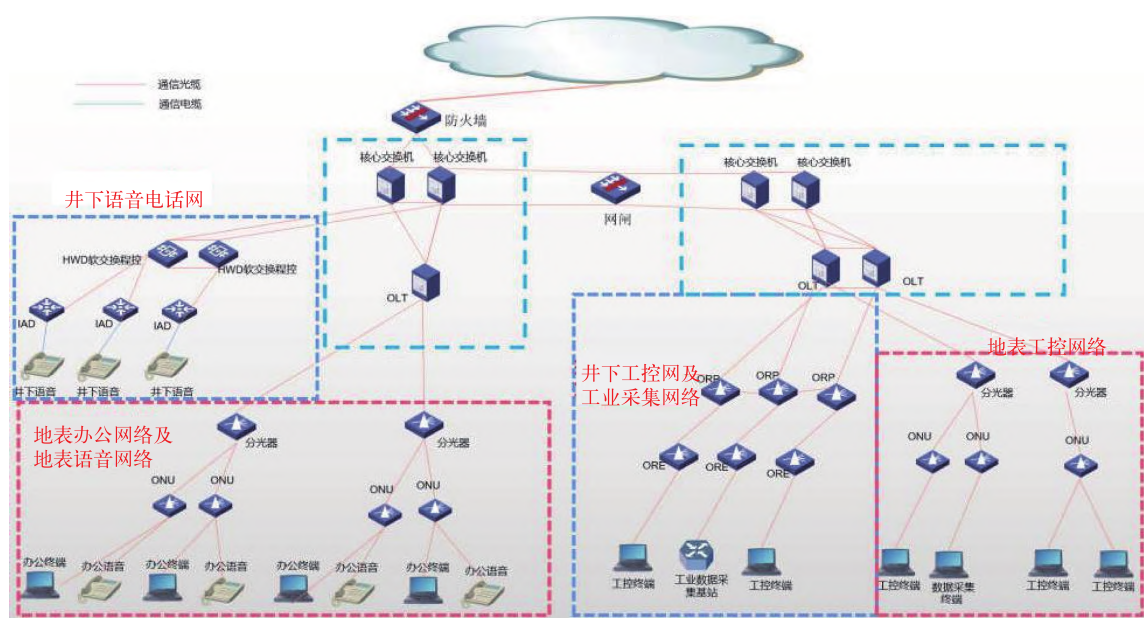


图2 网络建设架构

制，达到现场无人、自主作业。对矿山原有设备通过自动化和智能化改造升级，实现井下凿岩、装药、爆破、支护、出矿、运输和提升等采矿生产全流程自动化，极大地提高生产效率，保证生产安全。把生产配套的辅助系统（通风、排水和供电等）通过先进控制技术有机地结合为一个整体，大幅度提高设备运行的稳定性和维护效率，实现生产现场的少人化、无人化，提高生产劳动效率，如图3所示。



图3 远程遥控矿车

（3）资源开采系统

资源开采是有色金属矿山运行的核心任务，如何实现矿山资源的安全、高效开采，是智慧矿山建设的关键所在。建立矿山三维模型（矿体资源模型、井巷工程模型、地表模型和钻孔数据库）、采矿工程三维设计、测量数字扫描验收和采掘技术计划编制等内容。通过数字采矿软件平台、采掘技术

计划编制系统和三维激光扫描系统多个工具软硬件系统，建立矿山的数字模型，实现矿山资源数据的标准化和可视化。根据矿山的地质特征、生产条件和开发状况在数字矿山基础上，可提高矿山技术管理工作的准确性和实效性，采矿设计更加精准，指标控制更加精细，计划编制工作快速、准确、高效和科学合理，实现快速采集井巷工程、采场空间实测数据，提高技术人员在井下工作的安全系数，从而实现更加科学合理的矿山资源高效利用和可持续发展，如图4所示。

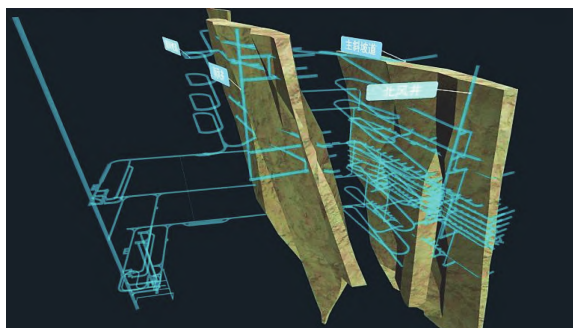


图4 三维可视化模型

（4）安全环保数字化管理

为保障矿山生产安全可靠运行，可应用智能装备和智能技术建设智能安全管理系统，对矿山环境、生产及安全信息进行控制与管理。在生产安全六大系统基础之上，基于3DGIS、VR和物联网技

术，构建虚拟矿山，实现矿山安全生产可视化集中管控。通过布设矿井通风、工程地质、井下水文、车辆运输和设备运行等各类监测设备及传感器，基于机器视觉、大数据等AI技术，针对矿山生产过程中人的不安全行为、物的不安全状态和环境的不安全因素，提供快速感知、实时监测、综合分析、超前预警、辅助决策和应急联动的一体化安全生产监测预警服务，提升矿山生产安全水平和安全生产监管效率，降低安全风险。

(5) 生产管控平台

生产管控平台可分为硬件设施和软件平台。建设矿山的生产管理中枢，通过大屏幕将生产过程数据、工业场地视频图像信息和生产管理画面等进行显示，实现对矿区的生产监控、调度、信息集中展示与管理。建设以综合智能生产控制为基础，以一体化业务协同执行为手段，基于生产装备、生产监控系统、生产执行系统和生产管理系统于一体的统一管控平台，对矿山采掘计划、安全生产和管理决策全过程进行数字化表达。通过智慧矿山生产管控平台，能更直观地管控矿区生产作业情况，实现全矿生产数据采集、存储、分析、发布以及监视和控制；实现生产管理、报表管理、信息显示、视频监控及调度通信等功能；能够及时掌握矿区的全方位信息，对生产进行统一管理及调度指挥；实现管控高度集中，信息高度集成，效率高度提升，达到安全高效生产，减人增效的目的，如图5所示。



图5 生产管控中心

(6) 生产运营协同管控

以矿山业务为主导，充分挖掘现有技术资源，深入推广应用先进技术，利用5G、物联网、大数据、云计算、工业互联网和人工智能等技术，建立智能化生产运营管控系统，构建面向生产计划-调度-验收-成本核算的以“业务流”为主线的集成化、智能化矿山生产运营管控模式。实现对矿山生产业务的全流程管控，提供完整的生产运行管理功能；实现各生产工序的生产计划管理、生产调度管理、生产实绩管理和生产统计等功能；实现生产全程的动态实时跟踪；实现各生产信息系统的集成，支持对生产进行合理有效的计划组织，使生产经营活动协调有序进行，提高矿山运行效率。

构建集数据资源库、先进数字化工具和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、采矿和选矿等全流程数据链，提升基于大数据分析的生产现场优化、生产智能控制、生产运营优化和决策优化等能力，加速矿山生产向自决策、自适应转变，最终实现矿山的智能化。

结束语

智慧矿山可对生产、职业健康与安全、技术和后勤保障等进行主动感知、自动分析和快速处理，实现矿山生产管理过程的可视化、自动化、智能化及无人化，进行安全、高产、高效、绿色环保生产，以实现矿山降本增效、安全环保和现代化管理的目标，提高企业整体效益和市场竞争力，促进矿山企业可持续发展。

然而，智慧矿山建设仍需跨越诸多的障碍和瓶颈，包括技术研发投入不足、人才资源匮乏、数字化管理薄弱和绿色发展欠缺等多方面。未来智慧矿山建设所需突破的关键因素包括顶层设计、技术创新与集成、人才培养和信息化体系建设等，当成功推动这些领域的发展时，智慧矿山一定能够在我国矿产资源开发领域大放异彩。**EA**

(收稿日期：2023-08-21)

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告