

智慧露天矿山总体框架及关键技术研究

张双玲¹ 王涛²

1. 河北钢铁集团矿业有限公司矿山新事业分公司;

2. 河北钢铁集团司家营研山铁矿有限公司;

[摘要]智慧矿山是我国矿山建设发展的最新目标,当前我国露天矿山信息化建设以矿山管理和安全信息化为主,初步完成了矿山部分业务领域的数据采集和分析等,但从发展进程来看仍处于相对初级的建设阶段。基于此,本文重点论述了智慧露天矿山总体框架及关键技术。

[关键词]智慧露天矿山; 总体框架; 关键技术

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.12.111

露天开采是一项复杂的系统工程,涉及系统范围广,工艺复杂,各环节作业场所关联性高。随着我国工业化及信息化集成的深入,露天矿山企业建立了相应的信息化系统及业务平台,实现了露天矿山各生产业务部门的信息有效共享,实现了生产、管理、安全、销售等环节一体化的新局面。随着云计算、人工智能、物联网、大数据等的快速发展,出现了智慧城市、智慧医疗、智慧物流、智慧林业、智慧农业等新兴发展模式。充分利用云计算、大数据、三维云平台等手段,对多源数据进行深入分析学习,以生态干扰最小为目标,建设集安全、绿色、环保、高效、智能、可视化于一体的新型智慧矿山,意义重大。

一、我国矿山行业发展现状与趋势

根据我国矿业过去几十年到矿业未来发展的总趋势来说,矿山企业信息化建设可划分成以下发展阶段:①矿山企业信息电子化发展阶段。在此时期,矿业企业大都依靠单一电子部件进行企业信息数据的采集,用文本、电子表格形式进行详细记录,把矿业企业信息建设转化到电子化发展阶段。②矿山企业数字化发展阶段。矿业企业需把企业管理运营等电子信息通过数字化信息系统进行入库统计。使用数据库进行信息数据的存储,用数据库形式将整个矿山日常生产及发展情况清楚呈现出来。③矿山虚拟化建设。将整个矿山和矿山有关东西联系起来,形成虚拟视频监控系统、安全监测系统。通过此系统将矿山下的真实场景重新呈现出来,以完成分析功能。④智慧矿山建设。在虚拟智慧矿山建设基础上,还可通过物联网技术将所有信息融合,逐渐形成信息管理、监测及监控的一体化系统。随着科技的发展,还可运用人工智能技术来实现科学决策,并在系统中插入导航及定位跟踪技术达到远程操控目的。同时,我国对矿业企业的信息安全及信息自动化的相关要求不断提高,若矿业企业的信息发展依然采取传统的信息发展模式,企业很难再有更大发展,并且企业落后的发展模式也必将会被物联网技术所替代。

二、智慧露天矿山定义

从露天矿山生产要素角度来看,智能露天矿山本质是将跨越二次工业革命的信息技术与露天煤炭行业深度融合,通过生产、安全、管理和设计等的信息化,以及矿山机械的智能化,提高露天矿山劳动生产率,降低总体生产成本。

从系统论、控制论和信息论角度来看,智慧露天矿山是指在露天开采中,通过集成感知、计算、通信、控制等先进信息技术及自动控制技术,构建人、机、物、环、信息等要素映射、及时交互、高效协调的复杂系统,实现系统中资源分配及运行的按需响应、快速迭代和动态优化。

智慧露天矿山是在矿山数据数字化、生产自动化和管理信息化基础上,结合新的传感器技术、网络通信技术、空间信息技术和人工智能技术等,实现智能感知、识别、记忆、分析计算、判断、决策、对矿山生产管理的评估考核改进,从而实现全矿无人化或少人化,实现矿山的绿色、安全、高效。

三、智慧露天矿山架构

1、整体网络架构。智慧露天矿山采用云、边、端的整体网络架构,其中,端:指接入生产业务系统中的设备,实现各生产环节的感知数据接入。边:指边缘计算服务。云:提供相应的云服务,包括模型、算法、数据协议、大数据平台等。通过接入露天矿山多源异构数据,充分利用大数据、云计算等先进技术,可实现地质储量分析、采矿方案优化、边坡安全预警、设备实时调度、经营指标多维分析,实现露天矿山各生产环节协同关联。

2、业务架构。其采用“5层+3体系”模式,其中,“5层”自下而上为基础设备层、业务数据层、分析服务层、分析业务层、分析展现层;“3体系”为数据分析标准体系、安全规范标准体系、元数据和代码规范标准体系。基础设施层包括服务器、互联网、物联网、存储设备、计算平台等内容,为智慧露天矿山提供硬件基础及网络数据传输基础。业务数据层涵盖智慧露天矿山生产中的多维数据,包括地质模型数据、边坡和车辆实时监测数据等。分析服务层为露天矿山三维系统提供地理信息系统(GIS)服务、数据清理服务、数据查询服务等。分析业务层实现了露天矿山业务分析,包括边坡数据在线监测、车辆工况数据监测、成本分析、决策支持等。分析展现层实现露天矿山分析结果的可视化显示、多维数据综合查询与显示、GIS“一张图”综合显示等。

3、智慧露天矿山协同流程。智慧露天矿山协同自下而上应实现“基础+数据”支持、矿山生产系统协同、灾害风险分析协同、经营决策协同。

①“基础+数据”支持。智慧露天矿山“基础+数据”

支持包括地质云、数据库建设、大数据支持、模型算法和移动互联网建设等。其中,地质云实现了智慧露天矿山地质资源数据的三维转换,显示了露天矿山资源储量和分布情况。数据库建设包括时序库、关系库和非关系数据库建设。大数据支持实现了多维数据的实时采集,对露天矿山各种结构化和非结构化数据分类存储,并根据使用频率将各种数据分为热数据、温数据和冷数据,用于海量多源异构数据的集成分析。模型算法实现算法更新、模型选择应用,如故障诊断算法、边坡风险分析模型等。移动互联网指5G网络建设。“基础+数据”支持将为露天矿山协同生产提供基础保障,意义重大。

②矿山生产系统协同。智慧露天矿山生产系统协同提供协同生产能力,实现各系统环节的协同目标。生产系统协同体现在露天矿山所有生产环节,如穿孔、爆破、测量、剥离、采掘、排土、复垦等。涉及的关键技术包括路径优化、物料流规划、边坡监测设计、生产规划等。

③灾害风险分析协同。其包括实时监测数据采集、算法模型构建和灾害风险评估流程构建,其中,实时监测数据包括边坡实时数据、设备实时监测数据、矿山环境数据和矿山道路实时数据。算法模型包括设备故障模型、滑坡预警模型、运力模型、系统可靠性模型、尾矿库预警模型等。灾害风险评估包括灾害风险研判、灾害风险处置、灾害风险预警等。

④经营决策协调。它主要实现对露天矿山总体规划的决策支持,包括生产规模优化、生产成本控制、生产效率分析、矿产售价预测、利润分析、企业上下游产业链资源配置、露天矿山整体行业市场需求预测。

四、智慧露天矿山关键技术

1、露天矿山无人驾驶技术。随着导航系统、传感技术、无线通信技术和机器学习技术的发展,无人驾驶技术也取得了突破和创新。无人驾驶系统可帮助矿山企业优化业务管理流程,提高整体生产经营管理及决策水平;形成集中控制,对汽车运输、协同生产、应急处理等进行全面监测及集中控制;优化剥离、采装、运输、地面生产过程,提高资源利用率,实现节能减排和绿色开采。无人驾驶技术在露天矿山的应用将解决设备运行效率低、运输成本高、安全事故频发等问题。

为实现露天矿山特定作业场景下无人驾驶系统的协同作业,需实现关键技术为:①路径优化技术。它可提高无人驾驶汽车运输效率,减少运距及成本。②露天矿山车铲智能调度技术能提高车铲匹配效率,减少欠车和欠铲事故,提高车铲协同作业效率。③精确定位技术可确定无人驾驶车辆和车辆、车辆和电铲的精确位置,从而防止碰撞及装载事故。④露天矿山特定场景下的跟驰和避障模型能提高车辆运行效率,减少车辆间安全事故。⑤车辆控制决策等技术能提高车辆安全性能,保证无人驾驶车辆的稳定性。

2、露天矿山数字孪生技术。数字孪生是现有或未来物理实体对象的数字模型,通过实测、仿真、数据分析实时感知、诊断和预测物理实体对象状态,通过指令调节物理实体对象行为,通过相关数字模型间相互学习进化自身,改善物理实体对象生命周期中决策。通过露天矿山数字孪生技术,能将现有地质模型、矿山设备、供电系统、矿山生产环境、运输道路等参数输入模型,模拟出符合实际生产情况的数字虚拟环境,并以最快速度进行模拟演绎,找出最佳生产模式,优化现有设备生产调度,提前规避可能出现的问题和风险。

露天矿山数字孪生涉及技术为:①虚拟开采技术:其能为露天矿山提供有效的采矿路径导航,实现精确的时空反演,为露天矿山精确开采提供技术支持。②设备故障诊断技术:露天矿山中有大量大型设备,设备孪生模型与感知数据的实时融合分析,可实现关键采运排设备的故障诊断与预测,提高设备效率。③生产综合决策技术:它依托虚拟开采技术,给出不同开采方案下关键指标,如剥采比变化、运距、经济成本等,能辅助矿山生产决策。

3、大数据采集分析技术。露天矿山各系统建设时间不同,使用协议也不统一,所以要在露天矿山部署边缘数据采集器,实现多源异构数据采集。大数据采集分析涉及技术为:①数据仓库设计,根据不同数据使用频率,将数据分为热数据、温数据和冷数据,并将不同类型数据存储在不同数据库中。根据各种分析场景,建立原始库、资源库、主题库、时序库,实现数据的标准化存储及高效查询调用。②大数据指标模型组件,根据露天矿山业务场景提供相应的指标模型算法组件,为露天矿山故障诊断和灾害分析提供算法支持。③前置边缘数据采集器,实现数据端部采集及实时转发,保证数据上传可靠性。④数据采集智能转换协议能保证数据统一性及标准化,提高数据质量,为大数据的综合分析提供基本保障。

4、风险监测和预警技术。露天矿山安全风险包括边坡和尾矿库风险、矿山采运排设备故障风险、各种生产系统可靠性风险等。依托露天矿山大数据采集分析技术,通过接入露天矿山各生产系统数据,实现其生产环节的安全保障。

露天矿山风险监测预警涉及技术为:①数据挖掘算法,能为风险监测和预警技术提供相应场景下的多维相关性分析,为露天矿山边坡稳定性分析和生产系统稳定性分析提供算法支持。②生产故障事件知识图谱,通过知识图谱的构建,实现故障事件关联及显示,给出事故与各种因素间的耦合关系,为矿山事故预防提供必要支持。

参考文献

- [1]张瑞新.智慧露天矿山建设基本框架及体系设计[J].煤炭科学技术,2019(10).
- [2]刘光伟.智慧露天矿山总体框架及关键技术研究[J].工矿自动化,2021(08).