

数字矿山与矿区资源绿色开发

汪云甲

(中国矿业大学环境与测绘学院,教授、博士生导师 江苏徐州 221008)

[摘要] 本文通过对矿山的地理实体与企业双重属性、我国矿山信息化与矿区资源开发现状等的分析,讨论了数字矿山的特点、构建切入点及数字矿山对实现矿区资源绿色开发的促进作用,在此基础上提出了实施数字矿山战略的若干对策建议。数字矿山由数字地球、数字企业及矿山特有的数字化技术体系3部分组成,利用矿山安全生产监测与调度指挥系统的软硬件设施构建数字矿山是当前多快好省的选择。数字矿山的建立必须以实现矿区资源高效、安全、绿色开发开采为目标。建立数字矿山、实现矿区资源绿色开发开采是走矿产开发新型工业化道路的必然途径与两大关键,有必要将两者构成有机整体,协同攻关、互动式推进,实现研究目标的双赢。

[关键词] 数字矿山 数字企业 资源环境 绿色开发 [中图分类号] TD X

党的“十六大”报告指出,应“坚持以信息化带动工业化,以工业化促进信息化,走出一条科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的新型工业化路子。”显然,建立数字矿山、实现矿区资源绿色开发利用是走矿产开发新型工业化道路的必然途径与两大关键,也是未来若干年内矿业界关注的热点与奋斗目标。

一、数字矿山的特点

讨论数字矿山的特点,有必要从矿山的定义或含义着手。矿山,一般是指从事矿产资源开采活动的场所,是一个特定及特殊的地理实体,不仅包括矿区大气环境、矿区自然地理与人文环境、地下岩层与水文环境及被开采矿层围岩环境,还包括相关的建(构)筑物等设施,且随着开采与加工的推进而动态变迁。但是,矿山也是指从事采掘工作的企业。矿山地理实体与企业的双重属性决定了数字矿山与数字地球、数字城市相比,既具有共性,又拥有其显著的特点。

1.从工作场所来看,矿山属于区域或城镇的一部分,可以用类似描述数字地球、数字城市等概念的方法描述数字矿山,此时强调的是在标准的时空框架下对真实矿山整体及其相关现象的数字化再现。但是,矿山的属性决定了仅仅对其真实的整体再现是不够的,它追求的是全面集成的数字化企业,强调通过全面采用先进的信息技术,实现矿山规划设计数字化、勘察开发过程数字化、安全监控数字化、管理数字化;此时强调的是建立在网络条件下的数字化、虚拟化、智能化、信息化的现代化企业,是基于数字化表示、信息化运作、智能化和虚拟化实施的集成系统。因此,界定数字矿山的概念和基本框架,讨论数字矿山的核心理论与关键技术,必须兼顾矿山的地理实体特点与企业属性,综合借鉴数字地球及数字企业的思想与要求,充分凸现开采对象及其开采影响。

2.数字城市或数字区域研究对象主要是位于地表或地表以上的空间,而且在现有的技术条件下能够对整个研究对象进行精确或较为精确的量测与控制。而矿产开采是一个复杂的巨型动态系统,开

采对象为类型多样、条件各异、采前未能确知的地下资源,具有多变性、不可预测性和基础数据采集手段的多样性,以及生产急需的实时有效信息的隐蔽性等特点。如何将矿山多源、多尺度、多精度和强动态变化的信息融合集成,对地下矿床、相关开采工程与现象进行准确、直观的数字化表达或再现,在此基础上进行正确的生产与管理决策,是构建数字矿山必须着力解决的问题。

3.矿山开采的是不可再生资源,采掘地点不断移动,新老巷道、采面、采区、矿井、矿区生生灭灭滚动发展的过程形成了采矿系统的动态变化。数字矿山的生灭性、流逝性及其“数字”的属性决定了它的建立并不一定都像数字地球、数字城市那样具有同样的要求(如不一定处处都要求三维界面、形象逼真、面向公众开放),而是一切应从实用出发,强调准确、全面,用较小的投入产生较大的功效。

4.矿产开发对周边的资源环境产生了严重的负面影响。随着科学发展观及可持续发展思想深入人心,矿山企业不仅应关心经济效益,还应考虑社会效益和社会责任。因此,数字矿山不仅应包括矿山地球表面之下的开采对象及人类工程活动的信息,还应包括表面之上的资源环境等相关信息;不仅应包括常规意义上的地形地貌与人文信息、大气环境及其污染变化信息,还应包括地下岩层与水文信息以及与开采过程相关的各类岩层运移、矿山压力与矿山安全信息;当然,还应包括各种经济管理信息。

数字矿山的以上特点决定了它拥有一个庞大的技术体系。这种体系可分为常规意义下的数字地球类技术体系、数字企业类技术体系及矿山特有的数字化技术体系。构建数字矿山,首先就要对已有的技术与系统进行梳理、分析,在此基础上进行整合、提升、创新、开发,将目前单一、分散、孤岛式的系统集成综合,以达到有效融合、统一、互控、整体优化。数字矿山的以上特点也决定了它是一个目标、理念或发展方向。数字矿山建设是一项复杂的系统工程,需要多学科专业人员协同攻关。这决定了数字矿山建设是一个渐进的、逐步提高的过程,而且随着科技的发展与进步,其内容、功能和水平也应随之充实、扩展和提高。当前,应结合我国矿山企业信息化现状和实际需要,宏观把握,统筹规划,

制订出数字矿山的基本框架和总体建设目标,分阶段、分步骤地稳步实施。

二、构建数字矿山的切入点

虽然“数字矿山”术语的提出是近几年的事,但其目标几十年来一直是国内外矿山工作者努力的方向。随着计算机技术的迅速发展,20世纪60年代起这方面的研究成果迅速涌现,近年来,更是进入发展的“快车道”。但是,同国外先进矿山的水平相比,我国矿山建设还存在着很大的差距,且滞后于国内机械、交通、航空、铁路等行业,“无路无车”、“有路无车”、“车货不一”^[1]、“信息孤岛”现象较为突出,造成了很大的资源损失与浪费。当前,集中力量对数字矿山的相关理论和关键技术进行联合攻关已成当务之急。数字矿山建设应以应用和需求为牵引,正确找出切入点。而利用矿山安全生产监测与调度指挥系统的软硬件设施构建数字矿山,应该是当前多快好省的选择。

矿业是世界各国所有产业中劳动条件最差、作业环境最为复杂多变和危险的企业,国内外都将信息技术作为提升矿山安全保障水平的重要手段与标志,一些数字矿山技术已得到较好应用。国外矿山安全生产监控监测系统已经历4代产品,正向系统结构集散化、开放化、通用化、智能化、综合化方向迈进。我国在这方面也做了大量工作。河南平煤集团公司1993年连续两次爆炸事故夺走了数十名矿工生命,损失惨重。自1994年起,该公司研制开发矿山安全、工况监测及生产调度指挥系统并获得成功,自安装该系统后,再也没有发生过重大伤亡事故,一般性事故也直线下降,产生了重大的社会效益和经济效益。山西晋城市建成了由158个高瓦斯煤矿、30多个乡镇、6个县(市、区)、1个直属上市公司和市局构成的煤矿安全广域网络(WebGIS)动态实时多级监管系统,自投入使用以来,事故起数、死亡人数和直接经济损失分别下降10.5%、64.6%和51.4%。国家有关主管部门规定,全国国有重点煤矿必须全部建立安全生产监测监控系统,地方煤矿也必须陆续建立,否则停发其生产许可证。

但是,与投入巨大的硬件设施相比,矿山软件的投入还是相对不足,上述系统的潜能也远未充分挖掘出来。我们完全可以将矿山企业相关的设计、制图、管理信息系统等集成于上述系统之中,使之既能解决这些成果推广应用中的困难,提高实用价值,又可扩大矿山安全生产监测与调度指挥系统的空间决策支持功能。由此可见,矿山安全生产监测与调度指挥系统是建立数字矿山很好的切入点。

三、数字矿山——实现矿区资源绿色开发的有力支点

数字矿山建设的重要标志之一就是建成信息化、数字化的虚拟矿山,据此可快速准确、充分完整地了解和提取矿山各方面的信息,并进行相关的科学研究、规划设计、生产指挥和管理决策。因此,作为一种目标与追求,在进行数字矿山的需求分析、

功能设计、核心理论与关键技术研究时,必须紧紧追踪矿业开发研究的热点、前沿和发展趋向,紧紧结合矿区资源合理开发利用的实际。只有这样,将来建立起来的数字矿山才能更具有实用性和针对性。此外,矿区资源绿色开发应是数字矿山研究需要特别关注的领域。

矿区有多种自然资源共存。如煤矿,除煤层之外,同时还可能有煤层气、矿井水等共伴生矿产资源,可能还有地表水、土地、森林等同位异类资源。这些资源与其它生态环境因子在一定的空间范围内构成了既相互联系又相互影响的整体,统一于动态的平衡之中。人们在开发、利用煤炭资源以获取所需要的“负熵”的同时,将不同程度地影响或打破这种平衡,增大煤炭资源环境系统的“熵”。一方面,伴随着采矿,大量废渣、废石、尾矿被抛弃;另一方面,这些废弃物又是其它产业的宝贵资源。现行的资源开发开采技术与模式具有多层次、多样化特点,不同资源、不同开发模式对其它资源及其开发利用,对矿区生态环境和整体社会效益都有程度及性质不同的影响。理论上,对于不同的决策目标,必然存在相应优化的开发模式。

我国矿产资源开发存在的资源浪费、环境污染等问题仍非常突出,矿山企业往往仅考虑矿产资源的开发利用,而不太注意对其它自然资源及生态环境的保护,致使矿产开发对土地、地表水、森林植被等同位异类资源带来严重破坏,造成生态环境恶化、开发效益下降,给矿区社会经济发展带来了严重的消极影响。这些问题已得到矿业界的广泛重视。近年来绿色开采、绿色矿山、绿色矿业等理念^[2-5]相继提出,并得到广泛认可,产生了强烈的反响和呼应。我国的国情、全面建设小康社会及科学的发展观,都要求我们必须将矿区资源与环境作为一个整体,考虑如何实现矿区资源的综合、立体、协调开发利用(即是简而称之的矿区资源绿色开发,也可认为是广义的绿色开采、绿色矿山、绿色矿业这些理念的进一步拓展)。所谓“综合”开发利用,是指包括诸如煤层、煤层气、矿井水等各种共伴生矿物资源的一同开发利用;“立体”开发利用,是指矿区土地、地表水、矿产等各层同位异类资源的同时开发利用;“协调”开发利用,是指遵循循环经济中绿色工业的原则,与环境协调一致的开发利用。

矿区资源绿色开发是一个开放的复杂大系统,需解决大量基础理论、技术工艺、系统优化及政策法规等方面的问题。这些问题分属自然科学、技术科学与社会科学等领域,如:采动岩体结构与裂隙动态时空演化过程及其渗流、煤与瓦斯安全高效共采、保水开采、采动覆岩结构运动规律与地表沉陷控制等绿色开采基础理论;矿产开发效益效果评价、矿区资源环境安全与监测预警、矿区资源立体综合开发与矿业生态工业园优化、生态矿业系统分析等资源开发系统优化方法;矿产资源清洁开发与加工技术、煤层与甲烷安全共采技术、水污染防治与水资源保护技术、矿产资源综合利用技术、固体废弃物利用技术、土地复垦与生态重建技术;矿区资源的“节约(Reduce)”、“回收(Recycle)”和“再利用(Reuse)”(即3R)等技术。构建数字矿山必须考虑上述技术的研究要求,此外,数字矿山技术能够也有

望为实现矿区资源绿色开发提供以下有力的支点。

1. 将为矿区资源绿色开发优化研究提供重要的空间信息支持。矿区资源绿色开发利用优化研究, 必然涉及大量的地理空间、社会经济要素及地面井下资源、环境、地测、采矿等方面的信息。这些要素和信息内容广泛、综合、复杂, 具有多源、多尺度、多精度和强动态变化等特征, 且用传统方法难以实时、准确、全面获取——这也是目前国内外缺少这方面系统研究成果的重要原因。利用“3S”(RS、GPS、GIS)及计算机网络等数字矿山技术体系, 可以建立矿山资源环境背景数据库系统、数据更新系统、网络服务系统、综合应用系统及其集成系统; 在此基础上并利用数字矿山技术, 有望使上述研究变得可能或方便。

许多学者认为, 建设绿色矿业首先必须解决资源环境价值评价及环境成本内化问题^[4-5], 但这必须建立在掌握矿产不同开发模式和方法对资源环境的影响机理并建立起表征模型的基础之上。受条件与手段等限制, 目前尚缺乏这方面的研究, 致使开展环境影响评价、资源环境价值评估时对资源环境因子扰动与矿产开发模式的关系普遍考虑不够, 相关参数的取舍粗糙简单, 资源环境模型不能统一到经济层面, 限制了成果的应用范围; 此外, 经济分析中对资源环境损害的估计偏差较大, 也影响了评价(评估)结果及决策分析的可靠性与准确性。

我国不少矿山已开采数十年, 留下了大量历史资料, 一些矿区资源环境的变迁也均“记录在案”。我们完全可以结合室内试验, 通过综合分析处理这些矿区数十年开采及区域资源环境、社会经济历史数据、卫星遥感与地面取样监测数据, 进行模拟仿真、地学信息图谱分析、空间数据发掘、知识发现与空间决策, 推演出矿区资源环境(土、水、气、植被等)变化与矿产开采的关系, 再现矿区资源环境受矿产开采影响的动态演化过程, 揭示矿产不同开发模式及方法对矿区主要资源环境因子的作用机理, 从资源及环境(土、水、气、植被和共伴生矿产资源)的数量、质量(实物量指标)到物质损害(物理指标), 最终统一到经济指标(资源环境价值及经济损失)上, 从而建立起矿产开发对矿区资源环境影响的定量分析、评估、预测模型, 并据此进行评价分析、规划设计、优化决策。

2. 将为矿产资源绿色开采基础理论与应用研究提供新的平台。一方面, 数字矿山平台上的矿体、岩层等井上、井下资源环境的各种性质、特征数据及方法库、模型库、图形库, 可为绿色开采基础理论与应用研究提供各种资料, 并在其之上直接进行计算机模拟、仿真、数值计算及过程分析; 另一方面, 将数字矿山中的矿区资源环境综合监测分析技术、矿山多源(元)空间信息融合集成技术、矿山数据挖掘与智能空间决策支持技术、数字化规划、设计与优化技术、矿山数据仓库技术、真 3DGM 与可视化技术、矿山 3D 拓扑建模与分析技术、组件式矿山软件与模型等有机地融入绿色开采基础理论与应用中, 有望实现研究方法的创新, 并有利于发现新的知识与规律, 以建立资源评价—开采—沉陷—环保治理相协调的优化理论体系。

3. 将为矿区资源绿色开发规划设计提供新的手

段。利用数字矿山的数字化规划设计技术、基于 Web 技术, 在规划设计资源库的支持下利用工具软件, 有关人员可以进行矿区资源开发并行协同的规划设计。这种数字化环境能及时准确地向规划设计人员提供不同方案的社会经济效益、资源环境效应等方面的信息与帮助, 支持多学科领域的专家群体协同工作; 能够利用 RS、GPS、InSAR 等空间信息技术, 自动、实时、动态、准确地获取矿区资源环境信息, 并进行环境承载力及资源环境安全状态评价; 能够把开发的社会经济效益、资源环境安全状态分析与规划、设计、开发过程有机地集成起来, 适时对方案做出修改; 同时利用 VR-GIS 三维可视化与显示技术, 可模拟资源开发不同方案导致的资源环境变化与景观效果, 以保证方案最优。

四、结语

1. 矿山的地理实体与企业的双重属性决定了数字矿山有其显著的特点。界定数字矿山的概念与基本框架, 讨论数字矿山的核心理论与关键技术, 可综合借鉴数字地球及数字企业的思想与要求, 充分凸现开采对象及其开采影响, 且必须以实现矿区资源高效、安全、绿色开发开采为目标。

2. 数字矿山为一庞大的技术体系, 该技术体系由常规意义下的数字地球类技术体系、数字企业类技术体系及矿山特有的数字化技术体系 3 部分组成。数字矿山是一个目标或理念, 它的建设是一个渐进的、逐步提高的过程, 是一项复杂的系统工程, 需要多学科专业人员协同攻关, 并按照着眼前沿、应用主导、宏观把握、统筹规划、分步实施的原则向前推进。

3. 数字矿山建设应以应用和需求为牵引, 正确地找出切入点。利用矿山安全生产监测与调度指挥系统的软硬件设施构建数字矿山, 应该是当前多快好省的选择。

4. 数字矿山的需求分析、功能设计、核心理论与关键技术研究, 必须紧紧追踪矿业开发研究的热点、前沿、发展趋向, 紧紧结合矿区资源合理开发利用的实际, 以使数字矿山更具实用性、针对性。

5. 研究中要做到: 关注、考虑矿区资源的绿色开发开采, 并组织力量将矿区资源绿色开发开采与数字矿山的基础理论及关键技术两部分构成有机整体; 选择典型矿区, 在对其资源环境及其开发条件、特点、现有资料、技术、软硬件等进行深入剖析的基础上, 围绕总体目标对现有成果进行梳理、整合、提升并在此基础上创新; 采用“统一调度, 资料共享, 全局控制, 分工协作, 重点突破, 学科交叉综合, 第一部分出题, 第二部分应答, 第二部分成果的应用再推动第一部分研究向前发展、互动式推进”的研究策略, 同时解决两大研究领域基础理论、主要难题及关键技术问题, 既推动理论、方法的创新, 又提高结果的实用性、普适性, 实现双赢。

参考文献

- [1] 吴立新等. 论 21 世纪的矿山——数字矿山[J]. 煤炭学报, 2000(4): 337~342
- [2] 寿嘉华. 走绿色矿业之路——西部大开发矿产资源发展战略思考[J]. 中国地质, 2000(12): 2~6
- [3] 钱鸣高, 许家林, 缪协兴. 煤矿绿色开采技术[J]. 中国

数字矿山建设是解决露天煤矿信息化应用深层次问题的有效途径

孙效玉¹ 姚常明² 高登来³ 冯建宏⁴

(东北大学资源与土木工程学院博士研究生,煤炭科学研究总院抚顺分院研究员¹

辽宁抚顺 113001; 伊敏华能煤电有限责任公司露天矿教授级高级工程师²,高级工程师³ 内蒙呼伦贝尔市 021134; 煤炭科学研究总院抚顺分院研究员⁴ 辽宁抚顺 113001)

[摘要] 本文分析了国内露天煤矿信息化现状及存在的问题,论述了国内露天煤矿实施数字矿山的必要性,提出了数字露天煤矿的建设原则,设计了数字露天煤矿总体构架,阐述了露天煤矿决策、生产、管理三大业务信息化技术改造途径和数字露天煤矿核心系统的内容和建立方法。

[关键词] 露天煤矿 数字矿山 信息化 [中图分类号] TD

一、国内露天煤矿信息化现状及存在的问题

国内露天煤矿大多是 20 世纪 80 年代以后兴建的,具有工艺先进、设备大型化、自动化程度高和产量规模大等特点。因此,这些露天煤矿对信息化建设十分重视,且大部分建设了以光缆为基础的高速企业网,开发了管理信息系统、采矿决策支持系统、生产调度监控系统,与 Internet 网对接并建立了网站系统。如伊敏露天矿已经建立了管理信息系统、卡车调度系统、疏干集控系统、供电监控系统、电铲运行参数监测系统、电子版地质报告等;准格尔黑岱沟露天矿建立了矿床地质模型系统、采矿计划系统、测量验收系统、管理信息系统、连续工艺集控系统、破碎站及其皮带运煤集控系统、选煤集控系统;霍林河南露天矿建立了管理信息系统、矿床地质模型系统、生产计划系统;安太堡露天矿建立了财务管理系统、材料管理系统、矿床地质模型系统、选煤集控系统等。尽管这些系统为露天煤矿的生产管理提供了先进的技术手段并取得了良好的经济效益和社会效益,但国内露天煤矿在信息化建设方面仍然存在以下 4 个主要方面的问题。

1. 部分重要业务未实现计算机管理,如伊敏露天矿的地质、采矿设计、测量等业务仍采用人工管理,准格尔黑岱沟露天矿的卡车调度以及霍林河南露天矿的卡车调度、疏干排水均未实现计算机管理等。已实现计算机管理的系统也基本处于独立运行阶段,全局统一性差;除管理信息系统在一定程度上实现了数据共享外,还缺少一个系统集成控制中心,未能实现数据和软件功能的综合应用。

2. 露天煤矿的一切工作均以采剥生产为核心,而采剥生产是在三维地理/地质环境中进行的,但目前露天采矿设计仍采用二维图形方式,缺少进行优

化生产设计、分析模拟生产过程、挖掘生产潜力、优化生产组织的三维环境,严重制约并影响了采矿设计和生产组织的优化效果。

3. 各系统均是面向具体业务操作的,只适合于具体业务操作人员使用,管理信息系统也只提供了简单的查询统计功能,缺少中高层领导所需要的综合分析决策功能,制约并影响了矿山决策的准确、快速、优化。

4. 随着系统应用范围的不断扩大、应用时间的不断延伸,矿山积累的数据越来越多,大量数据的背后隐藏着许多重要的信息和规律,但现有的系统只能获得数据的表层信息,无法获得数据中存在的内在关系和隐含的规律,不能进行更高层次的分析预测,使消耗了大量人力、财力和物力所收集与整理出来的宝贵数据资源未能得到充分利用,并产生了大量的数据垃圾,导致露天煤矿管理人员在面对“数据爆炸”的同时又深感“信息贫乏”。

二、露天煤矿实施数字矿山的必要性

上述 4 个问题除第一个问题外,其余 3 个问题均是信息化应用过程中产生的深层次问题,必须采用新的理念和技术加以解决,而数字矿山则是解决这些问题的有效途径。

数字矿山是一个全新的概念,但它涉及的理论、技术和应用又与矿山已有的或准备实施的信息系统密切相关,是数字地球、数字中国在矿山中的具体应用和体现。数字露天煤矿从更高的层次、系统论和一体化的角度来整合露天煤矿已有的或准备实施的信息系统,有效地处理和解决这些系统在实际应用过程中存在的上述问题,使系统应用进一步深化、完善和提高,从而更深入、更有效地为露天矿生产、经营和管理服务,为露天矿持续、高效、科学的发展提供重要保障。

矿业大学学报,2003(4):343~348

[4] 古德生. 21 世纪矿业[J]. 有色冶金设计与研究, 2002 (4): 1~5

[5] 肖松文, 张泾生, 曾北危. 产业生态系统与矿业可持续发展[J]. 矿冶工程, 2001(1): 4~6

(责任编辑 苏 青)