

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)

建设数字露天煤矿可以达到以下4个目的。

1. 实现露天煤矿生产、经营、管理等业务的全部计算机管理,并从系统论和一体化的角度来整合这些系统,形成完整统一的时空框架和信息系统,既提高各业务部门的信息化水平,又实现部门间信息的统一和共享,进一步提高系统的综合应用效果,最终实现高度信息化、自动化和高效率的目标。

2. 露天煤矿工作的核心是采矿生产即采剥时空发展。采用数字矿山三维构架及应用技术,能使矿山工程技术人员和管理决策人员在计算机网络中再现虚拟矿山环境,获得“身临其境”的感受,拓宽认识和改造客观世界的“认识空间”和“方法空间”,从而实现了对矿山和地下矿床及其周围环境的多角度、多视点、全方位的动态观察、分析和决策,继而提高生产决策和生产组织的质量和水平,显著提高矿山经济效益。

3. 露天煤矿生产经营以经济效益为目标,采用数据仓库及其分析决策技术,解决了管理信息系统只能进行简单查询统计的问题,从更高的层次、系统论的高度提供对矿山生产、经营、管理及时空发展等各方面进行综合分析的手段和方法,在降低成本、提高效益、挖掘潜力等方面取得明显的实效。

4. 进一步实现露天煤矿业务局部的调整和重组,优化矿山管理机制,提高矿山管理水平。

三、数字露天煤矿总体技术方案

1. 数字露天煤矿系统总体结构

针对国内露天煤矿的特点及其信息化建设中存在的问题,结合数字矿山技术的最新进展,确定数字露天煤矿的建设原则:(1)根据露天矿具体条件及发展需要,结合国内外技术的最新进展情况,分层次建立开放式数字露天矿总体框架,对各层次的系统范围和内容可进行扩充,也可扩充更多层次;(2)系统建设应与露天矿主要业务信息化管理相适应,既保证各业务系统的独立运行,又实现各业务系统的有效集成和整合;(3)系统建设要充分考虑到技术的先进性、成熟性、实用性、规范性和可扩展性,使各组成部分易于开发和实施,并可方便地纳入到数字矿区、数字行业、数字中国中。

按照上述原则确定的数字露天煤矿总体结构,其总体构架由核心系统、生产决策支持系统、生产调度监控系统及管理信息系统4部分组成。其中后3部分与露天煤矿决策、生产、管理三大业务相对应,是数字露天煤矿的重要组成部分;核心系统将这3部分业务分层次有机合理地联系起来,实现这3部分的信息集成与综合管理,形成统一完整的露天煤矿信息系统,并预留与数字矿区、数字行业的接口。系统总体构架涵盖了当前露天煤矿生产、经营、管理等全部业务工作,今后根据需要可对系统的层次和范围进行扩展。

露天煤矿决策、生产、管理三大业务因各露天煤矿具体情况不同而不同。下面首先对国内露天煤矿这三大业务的信息化应用现状、存在问题、发展方向及解决办法等予以简单论述,然后重点介绍核心系统的功能及实现办法。

2. 数字露天煤矿三大业务技术改造途径

(1)生产决策支持系统:旨在实现地质(包括勘探地质、工程地质、水文地质等)、采矿计划(包括境界圈定、长远计划、短期计划、生产计划等)、测量、边坡安全、生态建设等的计算机决策支持管理。目前,国内露天煤矿生产决策支持系统主要用于矿床地质模型、采矿计划制作、测量验收、边坡管理等几方面,且基本处于平面图形、模拟手工的水平上,影响了系统的使用效果和水平。其发展方向是将矿山中与空间位置直接有关的相对固定信息(如地形地貌、矿体形态、地质构造、开采位置等)数字化,全面详尽地刻画矿山及矿体,在三维环境中进行生产决策,并将应用范围扩展到工程地质模型、水文地质模型、环境保护、三维地学仿真显示、开采过程模拟分析等方面。生产决策支持系统属数字露天煤矿的第一层次,是数字露天煤矿的基础。

(2)生产调度监控系统:旨在实现露天煤矿各生产环节的自动调度和监控,包括生产过程监控系统、选煤集控系统、疏干排水集控系统、供电监控系统、电视监控系统等,其中生产过程监控系统包括间断工艺(含钻机、电铲、卡车、推土机、平路机、洒水车、加油车、工具车等)、连续工艺、半连续工艺、倒堆工艺等所有设备的监控、调度、计量、统计等。

目前,国内大部分露天矿采用电铲-卡车间断工艺系统,采运成本占露天矿总成本的60%以上,因此,如何提高电铲-卡车间断工艺设备效率、降低生产成本,成为露天煤矿急需解决的问题。此外,选煤集控系统、供电监控系统、电视监控系统、连续工艺集控系统、破碎机-胶带集控系统已经成熟,但这些系统基本处于独立运行阶段,没有形成统一的综合调度监控系统,未能实现露天矿生产的综合调度指挥,在相当程度上影响了各工艺系统综合效率的发挥和矿山的经济效益。因此,露天煤矿在生产调度监控方面应加强以下两方面的工作。一是卡车优化调度系统。该系统采用GPS、数字通讯、计算机、自动控制、系统工程等现代高新技术,实现对卡车、电铲等设备运行的实时跟踪与显示,优化调度卡车运行,及时准确地查询、统计当前生产情况,从而起到优化车队运行、准确执行生产计划等作用,以此达到提高矿山产量、节省费用、取得较高经济效益的目的。它是露天矿汽车运输达到世界先进水平的关键技术之一。目前,国外有100多个露天矿采用卡车优化调度系统,经统计,可提高生产效率6%~32%。国内目前有两套系统投入运行:一套是由煤炭科学研究总院抚顺分院为伊敏煤电公司露天矿研制的,另一套是江西德兴铜矿从美国MODULAR公司引进的。两套系统的功能基本相同,运行稳定,可靠性均很好;经统计,可分别提高生产效率8%、9.3%。但是,国内系统的性能价格比要高于国外系统。二是露天矿综合调度指挥系统。要通过计算机网络将各调度监控系统与综合调度系统连接在一起,并通过改造各调度监控系统软件、开发综合调度系统软件,在生产决策支持系统提供的三维矿山模型的基础上,将各调度监控系统中的设备位置、状态、参数等信息按三维坐标嵌入到三维/二维数字矿山上,既保证各监控系统的独立运行,又实现各调度监控系统的集中统一监视和综合调

度指挥;通过计算机网络将显示和查询统计应用范围扩展到矿区、露天矿、维修部、选煤部等部门和有关领导岗位,以提高综合调度指挥应用的效果。

(3) 管理信息系统:该系统涉及人、财、物、产、供、销等方方面面,相对来说比较成熟。但各系统应用均是面向具体业务操作的,对外界只提供简单的查询统计功能,不能满足中高层领导综合分析决策的需要;而这正是数字矿山核心系统中数据仓库和综合分析决策所要解决的问题。

3. 数字露天煤矿核心系统

该核心系统从系统论和一体化的角度实现对生产决策支持系统、生产调度监控系统、管理信息系统的集成与整合,进一步提高系统的综合应用效果。核心系统由主控界面和操作平台、数据仓库与模型方法库、三维地学应用软件和数据库综合应用软件三大部分组成,其主要功能说明如下。

(1) 主控界面和操作平台:以矿山遥感地形图、矿山地质地形图、总平面布置图、采剥工程位置图等为基础,建立露天煤矿三维/二维地理信息系统(MGIS),并采用图层技术将数字矿山信息(包括图形、数据、图像、文字、视频、音频等)全部嵌入到矿山地理信息系统中,利用MGIS操作平台提供的良好图形用户界面,通过操纵导航地图、漫游放大等多种方法,逐步实现对空间信息的直接操作、对非空间信息的间接调用和链接。

(2) 数据仓库:在保持露天煤矿各应用系统数据库及其查询统计功能独立性的同时,通过对各应用系统及其数据之间相互关系的全面分析,将分析决策所需的大量数据从不同的应用系统操作环境中分离出来,形成统一完整的数据仓库,使分散的、不一致的操作数据转换成集成的、统一的信息,供有关部门和领导查询统计和决策分析使用。

(3) 模型方法库:为三维地学和数据库综合应用提供各类专业应用模型和方法,供三维地学应用软件和数据库综合应用软件调用。它主要包括:图形模型库,含图形编辑、显示、存储、输出等;三维地学模型库,含三维建模、三维拓扑关系、三维数据组织、三维可视化等模型;生产过程模拟分析模型库,含分布统计、拟合分析、时空关系等模型;查询统计模型库,提供汇总、检索、平均、方差、组合、数学运算、逻辑运算等模型;综合分析辅助决策模型库,按综合分析要求提供多种应用条件下多种模式的综合分析辅助决策模型;各专业专家系统方法库,如边坡监测评价专家系统、优化开拓运输专家系统、生产过程分析专家系统等。

(4) 三维地学应用:根据地质勘探、地质写实、测量验收、基本工程布置等数据,建立地形地貌、地下矿床、矿坑与排土场、地面场所和建筑、工程地质、水文地质的三维模型/二维地理信息系统,通过与时间维结合进行储量计算、开采计划编制、开拓运输系统优化、生产过程模拟分析、边坡稳定性分析、内排空间计算、疏干排水设计、设备管理等。三维地学属数字露天煤矿的第一层次,在三维地学应用过程中,要充分发挥三维模型和二维地理信息系统的优势,以便最有效地满足矿山的实际应用,并通过地理信息系统实现与非空间信息的连接与综合运用。它主要包括:三维地学仿真系统,进行矿

坑、矿体、地形、地物、矿山工程时空发展、生态恢复等的三维动态仿真;生产过程模拟分析系统,对矿山工程时空发展、设备运行、过程控制等进行模拟分析,为挖掘生产潜力、合理组织生产和加强管理、提高生产效率、降低成本提供有效的技术支持手段和方法;动态图显示系统,以矿山采剥工程位置图/总平面布置图为基础,实现采剥工程位置、开拓运输系统、地面建筑和工程、卡车调度系统、疏干排水系统、供电系统与线路等的三维/二维图形与示意图结合的综合显示;数据仓库综合利用,以数据仓库为基础,采用查询统计、综合分析等手段从不同角度对矿山信息进行综合分析利用,为优化生产过程、挖潜增效、增收节支提供决策手段和依据。它主要包括两部分。一是综合分析、辅助决策系统:对数据仓库中的各类信息进行综合分析,提供分析报表、直方图、分布图、趋势图、关系图、多维分析、数据挖掘、知识发现等多种方法,进行诸如司机工作业绩综合评价及奖惩办法确定、设备运行分析及提高设备效率的途径、吨煤成本详细分解、产量与成本的关系、不同时间和季节的设备故障规律及原因、疏干量与季节的关系等分析决策。二是综合查询统计、报表制作系统:实现数据仓库中综合数据的查询统计、报表制作等功能。其中报表制作应提供“报表生成器”功能,以方便使用人员根据需要制作具有个性化的报表

结语 国内露天煤矿信息化建设起点高、基础条件好,但在应用发展过程中也存在并遇到了许多新问题,必须采用新的理念和技术才能解决。而数字矿山正是从更高的层次、系统论和一体化的角度来整合露天矿已有的或准备实施的信息系统,是数字地球、数字中国在矿山中的具体应用和体现,是解决露天煤矿信息化建设中存在的深层次问题的有效途径,具有广阔的应用前景。我国露天煤矿应把数字矿山建设及早纳入到矿山信息化建设日程,结合数字地球、数字矿山技术的最新进展对信息化系统进行改造和完善,使信息化建设步入数字矿山建设轨道,并采取应用系统与核心系统同步开发的策略,进一步实现生产、经营、管理的高度信息化、自动化和高效率,以提高企业的竞争能力,确保露天煤矿的可持续发展。

参考文献

- [1] 吴立新等. 论 21 世纪的矿山——数字矿山:特征、框架与关键技术[J]. 煤炭学报, 2000, 25(4): 337~342
- [2] 吴立新等. 再论数字矿山:特征、框架与关键技术[J]. 煤炭学报, 2003, 28(1): 1~7
- [3] 古德生. 21 世纪矿业 [J]. 有色冶金设计与研究. 2002, 23(4): 1~5
- [4] 煤炭科学研究总院抚顺分院. 数字伊敏露天矿总体设计. 2004
- [5] 煤炭科学研究总院抚顺分院. 黑岱沟露天煤矿综合生产调度系统可行性研究与方案设计. 2003
- [6] 煤炭科学研究总院抚顺分院. 平朔安家岭露天矿高效安全信息管理系统可行性研究报告. 2003
- [7] 煤炭科学研究总院抚顺分院. 科技部中小企业技术创新基金资助项目: 露天矿卡车电铲优化调度系统工作总结报告. 2002

(责任编辑 苏 青)