

问题探讨

文章编号: 1671- 251X(2011)03- 0059- 04

DOI: CNKI: 32- 1627/ TP. 20110226. 1602. 004

## 数字煤矿特点及关键技术

潘涛<sup>1</sup>, 梁宏<sup>2</sup>

(1. 中国矿业大学(北京)信息工程研究所, 北京 100083;

2. 中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

**摘要:** 针对我国数字煤矿示范矿井建设过程中存在的不能全面理解数字煤矿含义的问题, 探讨了数字煤矿的概念及特点、数字煤矿建设包含的内容、数字煤矿建设的现状; 分析了数字煤矿建设与其它行业非煤数字矿山建设的区别; 简要介绍了在“十二五”期间我国数字煤矿建设方面应重点研究及攻关的关键技术。

**关键词:** 数字煤矿; 数字矿山; 信息化; 自动化

**中图分类号:** TD67

**文献标识码:** A

**网络出版时间:** 2011- 02- 26 16:02

**网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20110226.1602.004.html>

### Characteristics and Key Technologies of Digital Coal Mine

PAN Tao<sup>1</sup>, LIANG Hong<sup>2</sup>

(1. Information Engineering Research Institute of CUMT. (Beijing), Beijing 100083, China.

2. Changzhou Automation Research Institute of China Coal Technology and Engineering Group Corporation, Changzhou 213015, China)

**Abstract:** In view of problem that meaning of digital coal mine can't be understood fully in construction process of demonstration mine of digital coal mine in China, the paper discussed concept and characteristics, included contents and present condition of construction of digital coal mine. It analyzed differences between construction of digital coal mine and construction of non-coal digital mine of other industries and briefly introduced key technologies that need be researched and tackled emphatically in construction of digital coal mine during "12th Five-year Plan" of China.

**Key words:** digital coal mine, digital mine, informatization, automation

## 0 引言

2008年, 国家发展和改革委员会确定了神华集团有限责任公司黄玉川矿等几家信息化程度较高的国有大型煤矿企业进行数字化矿山(数字煤矿, Digital Coal Mine)示范矿井建设。但是, 笔者发现

在建设示范矿井的过程中暴露出一些问题: 有的煤矿认为数字煤矿建设就是矿井安装了煤矿安全监控系统, 采用了GIS技术的企业管理信息化系统, 在调度室用电视墙进行展示等。上述理解都是对数字煤矿含义的不全面认识。因此, 笔者认为非常有必要对什么是数字煤矿、它有哪些特点、与其它行业的数字矿山建设有什么区别、数字煤矿建设包含哪些内容、与现在所熟知的矿井自动化系统、煤矿企业资源管理(ERP)系统、信息管理系统有哪些区别和联系、目前的发展状况、需要解决的关键技术等探讨, 这些都是一线生产和建设者迫切需要弄明白的问题。

收稿日期: 2011- 01- 07

基金项目: 教育部博士点基金资助项目(200802900008)

作者简介: 潘涛(1975- ), 男, 江苏连云港人, 博士后, 主要从事煤矿自动化、信息化方面的研究工作, 已发表文章10余篇。E-mail: pant@cumt.edu.cn

## 1 数字煤矿建设的特殊性

数字煤矿来源于数字矿山(Digital Mine),是数字矿山在煤矿行业的具体应用<sup>[1-3]</sup>。比较于其它非煤矿山的数字矿山建设,数字煤矿建设受到煤矿企业生产特点的制约,主要体现在以下7个方面<sup>[4]</sup>:

(1) 开采条件复杂,技术方式多样:受到井田规模、煤层形态、煤层倾角、煤层厚度、地形条件、断层、褶皱、岩浆侵入、煤层厚度变化、回采方法、掘进方法、通风方式、生产布局、巷道布置、采掘面几何尺寸、井巷规模、采掘比、生产能力等的影响,选择适宜的采煤技术、工艺和采煤设备的难度较大。

(2) 生产环境恶劣,设备安全性和可靠性要求高:煤矿生产大部分位于地表深处,井下空间狭小、环境潮湿、电磁干扰严重、电源波动大,瓦斯、粉尘、顶板、水灾等事故时有发生。设备要求具有防爆、防尘、防水、防潮、防腐、耐机械冲击等性能。

(3) 生产计划性差:由于煤田地质条件的复杂性和不确定性,煤矿生产过程中不可控的因素较多,导致生产计划的不准确和材料消耗的随机性。煤矿企业生产环节多,所需原材料品种较多,且原材料与产成品之间没有严格的数量对应关系,故难以准确预测物料需求。

(4) 信息资源内容复杂、种类众多,信息处理困难:煤矿企业生产过程复杂,存在多种辅助生产系统。这些系统信息源多、信息形态多样、关系复杂,需要对大量复杂信息进行综合处理,如采煤机械和通风设备等的运行状况信息、工作面推进揭露的地测信息、井下瓦斯和煤尘实时变化信息、井下工作人员的活动信息、井下机电和安全预防设备的运转信息等。由于煤矿生产的特殊性,这些信息的获取、传输、处理显示均具有很大的难度。

(5) 移动设备多,信息变化快:煤矿井下开采、掘进、运输、监测监控等环节的设备随着生产的进行处于移动状态,要求相应的控制设备及网络设备也随之移动,对自动化系统和网络系统的设计、可靠性和开放性提出了更高的要求。同时,煤矿管理信息也需要根据市场变化和矿井生产过程中产生的信息进行实时更新并提供给相关决策部门。

(6) 管理难度大:煤矿工作人员素质参差不齐,不可控因素较多,导致煤矿企业管理难度很大。

(7) 信息化基础相对薄弱:受到煤矿的生产运行环境、企业经济效益、科技装备水平、人才因素及认识观念的影响,煤矿的自动化和信息化水平比较

薄弱。

因此,数字煤矿建设相比于其它非煤数字矿山建设困难更大,要解决的问题更多,必须立足于现有的煤矿自动化及信息化水平、现有的科技装备水平,有目标、有步骤地推进数字煤矿建设。

## 2 数字煤矿的内涵

### 2.1 数字煤矿的定义

数字煤矿是根据煤矿生产的特点,在以统一的时空坐标信息及其相互关系为基础而组成的信息框架中,嵌入获得的煤矿井下井上所有自然、地质、工程、施工、生产等方面的信息,并且以数字化的形式进行表述和管理的高度集成和信息高效利用的数字化系统<sup>[5]</sup>。数字煤矿是数字矿山的一个重要组成部分。

数字煤矿建设有4个显著特征:(1)是一个系统的、动态的持续过程;(2)以煤矿的自动化、信息化为基础,是煤矿信息化发展到一定阶段的产物;(3)有一个统一的基于地理信息系统的综合信息平台;(4)涵盖煤矿企业从地质勘查、施工、生产、维护、经营、管理的全过程<sup>[6-9]</sup>。

### 2.2 数字煤矿的组成部分

数字煤矿有3个数字化的组成部分,即基础信息数字化、生产过程数字化和管理过程数字化。这3个组成部分是一种相互支持、相互依存的关系,而且都可以进行可视化展示。

#### 2.2.1 基础信息数字化

基础信息数字化有2层含义:一是将煤矿企业中的固有信息(即与矿井建设、生产直接有关的相对固定的信息,如地测信息、储量、开采方案、设计方案、已完成的井下巷道工程、机电设备的安装位置、防爆设备的信息等)数字化;二是随着煤矿企业生产的进行,各种不断更新的基础数据的数字化(如巷道的掘进尺度、煤层的开采进度等)。这些信息都可直观显示出来。

#### 2.2.2 生产过程数字化

在煤矿企业的生产过程中,所有跟生产过程有关的要素都可以数字化的形式进行表述,即煤层、顶板、围岩、井巷测量、运输、通风、采掘、供电、排水、监控、通信、调度、设备、人员等在生产过程中产生的动态信息的数字化。

#### 2.2.3 管理过程数字化

管理过程数字化要在基础数据数字化、生产过程数字化的基础上,通过形成的数据库系统,建立全

矿的管理、服务与决策、预警支持信息系统, 提高管理、决策的科学化水平。

(1) 人力资源管理: 既包括人员的招聘、培训、考勤、考核、健康状况、劳动工资、工作内容、工作状况等, 也包括人员的精神状况、活动范围, 甚至经常接触的人等。

(2) 资产管理: 资产管理贯穿于煤矿企业所需物资的生产、采购、运输、领取、使用、维护、消耗、状态、质量等整个过程。它既包括固定资产管理, 也包括耗材管理; 既包括大型机电设备管理, 也包括班组领用料、个人配发工具等小器材管理。

(3) 财务计划管理: 包括财务核算、财务管理与监督、财务数据的分析、处理、费用预算等。

(4) 运销管理: 包括销售、合同、市场信息、库存、运输管理等。

(5) 生产管理: 包括地质条件预测、矿山工程设计、生产规划、生产监控、调度指挥、生产过程管理、生产的实时优化等。

(6) 技术管理: 对煤炭企业的科研进行计划、协调、控制和激励等。

(7) 安全管理: 包括灾害预测预警、应急救援、安全教育、职业疾病预防及治疗情况、设备安全标志管理等。

(8) 数据管理: 既包括对所获信息数据的存储、转换、传输, 也包括对数据库的管理。

(9) 知识管理: 是指从获得的海量数据中, 对信息进行深层次分析处理, 找出可能忽略的信息, 预测趋势和行为, 在此基础上, 提供专家决策支持等。

(10) 计算机网络管理: 包括对计算机及网络系统软/硬件的管理、维护、调试、开发、访问权限的分配、防杀毒等。

由数字煤矿的 3 个组成部分可看出, 数字煤矿建设是一个动态的、需要不断完善的过程, 它涵盖了煤矿企业地质勘查、施工建设、生产经营全过程。它既不是现有 GIS 系统的简单延伸, 也不是煤矿资源管理(ERP)系统、信息管理系统的简单复制, 而是包含两者特征的崭新概念<sup>[10]</sup>。

### 3 数字煤矿发展现状

近年来, 随着科技进步, 国家对煤矿安全生产的重视及煤矿企业经济状况的好转, 各大矿业集团都在信息化方面进行了较大投入, 取得了阶段性进展, 具体表现在以下 4 个方面:

(1) 以自动化、信息化为主要特征的煤矿机电一体化产品已在煤矿企业生产作业中得到普遍应用。

(2) 煤矿安全生产监控系统、人员定位系统、工业电视系统、无线通信系统、巡检管理系统等得到迅速推广。

(3) 宽带网络系统、内部局域网、ERP 系统、矿井地理信息系统(MGIS)、企业资产管理(EAM)系统、电子信息管理系统(EMIS)等在许多矿井和矿区得到初步应用。

(4) 煤炭企业信息系统的开发建设从单项应用走向系统集成, 成为煤炭信息化建设的新趋势。

尽管煤矿信息化建设已经取得了长足发展, 但是总体状况依然很不乐观, 与国外还有很大差距, 主要表现在以下 10 个方面:

(1) 空间基础信息不足。受到国内煤矿资源赋存条件、地质勘探手段以及其它不确定性因素的影响, 导致可获得的煤矿地质矿产资源不足。

(2) 信息化发展不均衡。企业之间的信息化差距很大, 尤其是一些中小煤矿, 其信息化建设的总体水平较低。

(3) 信息孤岛现象严重。由于信息化发展的阶段性及多年来在标准规范和信息共享方面缺乏统一的规划和管理, 造成包括地质、测量、监测在内的各类矿山静态、动态数据相对独立, 数据冗余严重, 数据利用率很低, 不能甚至难以实现数据集成、融合与共享利用, 造成资源浪费。

(4) 存在大量的重复投资建设现象。煤炭行业的信息化存在重投入、轻管理, 重局部、轻整体, 重硬件、轻软件, 重网络、轻数据的现象, 每个系统之间互不相通、互不兼容, 无法实现统一的数据处理和管理平台。

(5) 不能高效地发挥系统资源作用。由于各种数据无法实现共享、信息不能综合利用、缺乏统一的数据管理、维护和共享访问机制, 所以很难从系统工程的角度来有效地整合各种资源。

(6) 信息缺乏深层次综合分析处理。信息的深层次综合分析处理为用户提供了从多种不同的角度来探索数据, 从而让用户方便、清晰地分析和挖掘数据中隐藏的知识, 快速发现信息间的潜在关系, 找出可能忽略的信息, 预测趋势和行为。但由于信息孤岛现象的存在, 无法进行数据挖掘和分析处理, 也难以发现不同数据之间的联系及隐藏的有用信息。

(7) 数据非可视化。信息数据多以二维形式表述, 丧失了数据本身的三维特征, 埋没了矿山实体与三维空间的关系, 不利于煤矿优化开采、防灾减灾设计, 不能对安全隐患进行及时有效的形象分析。

(8) 行业专用软件研发相对滞后。尚未形成适合煤炭行业特点和需求的专用软件开发队伍和专业

软件产品,难以充分满足煤炭行业生产发展和技术升级的需要。

(9) 缺乏专业信息化人才。煤矿企业一般都处于比较偏僻的地方,工作条件相对艰苦,很难吸引人才,即使来了,也很容易流失。

(10) 缺少信息化管理的协调机构。数字煤矿建设是一个复杂的过程,牵涉到方方面面,需要统筹协调,而目前这方面在煤矿企业还是一个空白。

由此可见,我国的数字煤矿发展还处于一个初级阶段,它的建成要经历很漫长的过程。煤矿企业所处的环境复杂、不确定因素多、采掘现场的许多工况参数无法获取,这些都制约着数字煤矿建设。

#### 4 数字煤矿建设关键技术研究

基于数字煤矿的内涵及煤矿信息化现状,围绕着《国家煤炭科技“十二五”规划》,在“十二五”期间实施数字煤矿建设,重点围绕以下 8 个方面进行技术研究和攻关:

(1) 标准规范的研究和制定。重点研究和制定我国数字煤矿的信息分类、编码、传输、处理和接口标准,这是我国数字煤矿建设优先要考虑的内容,是实现数字煤矿各个组成部分互联互通的关键<sup>[3]</sup>。

(2) 数据采集技术。重点研究煤矿井下传感器无盲区布置,实现瓦斯无盲区监控与断电控制,指导相关行业标准的制定,发挥煤矿安全监控系统在瓦斯防治中的作用<sup>[11]</sup>。

(3) 无人工作面遥控技术。要研究煤炭分界识别技术和仪器,实现采煤工作面的地面遥控<sup>[11]</sup>。

(4) 网络与通信技术。重点研究本质安全无线通信与光纤通信技术,深入研究无线电波引爆瓦斯的极限功率等问题<sup>[11]</sup>。

(5) 基础平台软件技术。重点研究煤矿组态软件及复用技术,为煤矿中不同的应用需求研制各类可扩展、可复用、跨平台的组态软件,形成一套便捷的矿山软件复用技术。

(6) 数据综合分析处理技术。重点研究基于煤矿安全监控系统的煤与瓦斯突出、火灾、冲击地压等煤矿重大灾害预警技术和基于 3D GIS 的煤矿安全生产管理信息系统<sup>[11]</sup>。基于煤矿安全监控系统的煤与瓦斯突出、火灾、冲击地压等煤矿重大灾害预警技术能够提高瓦斯、火灾、冲击地压等灾害预警的准确率,保障煤矿安全生产。基于 3D GIS 的煤矿安全生产管理信息系统能够对煤层、顶底板、围岩、地质构造等基础信息、井巷测量信息、供电、通风、排

水、运输、采掘、监控、通信等生产信息进行三维分析和表达,提升煤矿安全生产与经营管理水平。

(7) 应急救援技术。重点研究煤矿井下精确定位技术和煤矿井下生命探测技术<sup>[11]</sup>。现有的煤矿井下定位技术不能实现精确定位,难以满足灾后救援的需要,同时,发生灾变后,生命探测技术和装置是加快搜索进度、减少人员死亡的有效手段之一,而目前地面的成熟生命探测技术难以直接在煤矿井下应用,因此,要研究用于煤矿井下的生命探测与精确定位技术。

(8) 矿用物联网技术。为提高煤矿信息化管理水平,要对煤矿采掘、运输、提升、电气、通风安全、地测、应急救援等装备和维修用零件,从生产、采购、运输、仓储、使用、维修等全过程进行监管<sup>[11]</sup>。

#### 5 结语

数字煤矿建设是一项复杂而富有挑战性的工作,涉及到煤矿的各个技术领域和生产、组织部门,是一项十分庞大而复杂的工程。我国煤矿企业应抓住机遇、统筹规划,有计划、有步骤、分阶段地稳步推进数字煤矿建设,使我国煤炭产业走上一条安全高效、可持续发展之路。

#### 参考文献:

- [1] 吴立新,殷作如,钟亚平.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.
- [2] 戈尔.数字地球——认识 21 世纪我们这颗星球[N].中国科学报,1998-08-18.
- [3] 吕鹏飞,郭军.我国煤矿数字化矿山发展现状及关键技术探讨[J].工矿自动化,2009(9):16-20.
- [4] 吴立新.中国数字矿山进展[J].地理信息世界,2008,10(5):6-13.
- [5] 徐水师.数字矿山新技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,2007.
- [6] 孙豁然,徐帅.论数字矿山[J].金属矿山,2007(2):1-5.
- [7] 吴立新,殷作如,邓智毅,等.论 21 世纪的矿山——数字矿山[J].煤炭学报,2000,25(4):337-342.
- [8] 王李管,曾庆田,贾明涛.数字矿山整体实施方案及其关键技术[J].采矿技术,2006(3):493-498.
- [9] 毕思文,殷作如.数字矿山的概念、框架、内涵及应用示范[J].科技导报,2004(6):39-41.
- [10] 卢新明,尹红.数字矿山的定义、内涵与进展[J].煤炭科学技术,2010(1):48-52.
- [11] 孙继平.煤矿自动化与信息化技术回顾与展望[J].工矿自动化,2010(6):26-30.