

1-251X(2009)09-0016-05

我国煤矿数字化矿山发展现状及关键技术探讨

吕鹏飞, 郭 军

(煤炭科学研究总院常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要: 文章介绍了数字矿山的概念和目标, 分析了目前我国煤矿数字矿山的发展现状, 提出了以基于3D GIS 技术的数字矿山基础信息平台为核心内容的数字矿山建设框架, 简要介绍了数字矿山需要研究的信息规范和接口标准、设备智能化、高速传输网络、多源异构数据的集成共享、3D GIS 平台、三维建模算法、基础数据专业化分析处理、业务应用系统开发等关键技术, 对我国煤矿数字矿山的发展具有一定的指导意义。

关键词: 煤矿; 数字矿山; 关键技术; 信息框架; 接口标准; 设备智能化; 高速传输网络; 基础信息平台; 3D GIS; 三维建模

中图分类号: TD672 **文献标识码:** B

Discussion on Development Situation and Key Technologies of of Digital Mine in China

LÜ Peng-fei, GUO Jun

(Changzhou Automation Research Institute of CCRI., Changzhou 213015, China)

Abstract: The paper introduced the concept of digital mines and its development target, analyzed current situation of digital mine in China, proposed a construction frame of digital mine taking digital mine basic information platform based on 3D GIS technology as core. It briefly introduced the key technologies for realizing digital mine such as information regulation and interface standards, intellectualization of equipments, high-speed transmission network, integration and sharing of multi-source heterogeneous data, platform of 3D GIS, 3D modeling algorithm, analysis and processing of specialization for basic data, development of business application system and so on. It has guiding significance for development of digital mine in China.

Key words: coal mine, digital mine, key technology, information frame, interface standard, intellectualization of equipment, high-speed transmission network, basic information platform, 3D GIS, 3D modeling

0 引言

数字化正随着 IT 技术迅猛发展, 快速地渗透到
我们生产、生活的方方面面。数字地球、数字中国、

数字城市正从专家论坛的飘渺的名词走向我们的日常生活, 同样, 数字矿山也随着煤矿生产环节自动化、集成化、地质测量的电子化、生产管理的信息化的逐步普及, 特别是井下高速网络的快速推广应用, 使得数字矿山的发展之路清晰明了。青年学者吴立新从科技、教育和实践3个方面描述了数字矿山的发展现状和方向^[1], 但在实际中怎样切实推动数字矿山的发展, 笔者认为目前要结合数字矿山的发展现状, 明确建设框架和做好关键技术研究工作。

收稿日期: 2009-05-26

作者简介: 吕鹏飞(1962—), 男, 研究员, 煤炭科学研究总院首席科学家, 煤炭科学研究总院常州自动化研究院监控研究所所长, 长期从事煤矿监测控制系统、煤矿数字矿山基础信息平台的研发工作, 已发表文章十余篇。联系电话: 0519-86998031

1 数字矿山简介

数字矿山的定义是由数字地球的定义延伸而来,即在矿山范围内以三维坐标信息及其相互关系为基础而组成的信息框架,并在该框架内嵌入所获得的信息的总和。煤矿所能获取的信息可划分为固有信息和动态信息2个层面,固有信息包括矿井原始数据(地质、测量、钻孔)和煤层、围岩、井巷等地质体空间信息;动态信息包括采掘、通风、运输、供电、给排水等生产系统网络及其装备信息,生产过程中产生的信息(设备状态、环境、人员),专业分析辅助决策信息,生产经营管理信息。这些信息在煤矿地质勘探、规划设计、建井施工、生产经营管理各环节中产生,具有持续产生、共享利用、多源异构的特征,所以分析矿山信息的构成、产生过程、获取手段、表现方式,建立矿井基础信息数据仓库,开发数字矿山基础信息平台,实现矿井固有信息和内嵌动态信息的认知、获取、表达、处理、共享、可视化、传输和使用等过程的数字化是建设煤矿数字矿山的主要内容。最终发展目标是实现矿山资源与开采环境数字化、技术装备智能化、生产过程控制可视化、信息传输网络化、生产管理与决策科学化^[2-3]。

2 数字矿山发展现状

从数字矿山的内涵和发展目标来看,实际上目前我国煤矿完全意义上的数字矿山还没有建成,究其原因主要有以下几个方面:

(1) 数字矿山是一个复杂的巨系统,涉及煤矿地质勘探、规划设计、建井施工、安全生产、经营管理的全过程,许多信息需要持续利用共享,然而各环节信息化方式和水平不同,数据格式兼容性差,信息不能重复利用,信息孤岛现象严重。

(2) 我国煤矿数字矿山仍处于初级发展阶段,成熟的能够统一管理和集成空间信息、实时动态信息和管理信息的基础平台还未见报道,分析原因主要与开发商所涉及专业有关。目前,直接推动煤矿数字矿山发展的相关专业开发商有3类:一类为煤矿地质测量系统开发商,他们从早期的矢量化成图系统,逐步发展完善成具有煤矿专有功能的地质测量系统,有的还集成了一定的管理功能,这类开发商自称是数字矿山的领跑者;其次是煤矿自动化系统集成商,他们从早期的煤矿安全监测系统,发展到今天集成的全矿井综合自动化系统,将矿井各生产环节的实时信息掌握在手,这类开发商自称是数字矿山的实践者^[4];第三

类是煤矿信息管理的开发商,他们从煤矿办公自动化、运销、设备及劳资等管理模块入手,将煤矿各业务科室的管理流程信息化。由于这3类开发商涉及煤矿不同的业务部门,各自所采取的技术路线、应用平台千差万别,造成目前各类系统难以整合、信息资源无法共享,很难形成统一的空间信息、实时信息和管理信息平台。

(3) 在技术层面能承载数字矿山海量信息平台的技术首选3D GIS。而3D GIS理论与煤矿对数字矿山适用性的客观需求差距较大。数字矿山需要3D GIS作为框架支撑技术,而3D GIS技术只在三维可视化渲染引擎方面比较成熟,在通用的三维建模算法、三维空间分析、三维空间信息存储引擎等关键技术方面仍在探究阶段,通用的商用3D GIS平台还没有出现,但煤矿建设数字矿山不仅要求可视化地进行三维模拟和虚拟再现矿井生产环境及相关现象,更主要是能够仿真化地模拟分析矿井采煤、掘进、供电、运输、通风、给排水等生产系统运行过程和灾变过程,实时采集相关环境与工况参数,按照各业务系统的运行原理进行空间分析,最后实现自动化地预警矿井灾害和启动安全预案,为安全生产起到真正的辅助决策作用,可见3D GIS支持与实际需求有一定差距。

(4) 煤矿所处的环境复杂、不确定因素多、相关专业多、生产系统工艺复杂、技术装备的智能化水平低、采掘现场的许多工况参数尚无法获取,这些都制约数字矿山的发展。

从以上分析可见,我国煤矿数字矿山的发展并不是一朝一夕的事情,需要各专业协同发展,需要解决技术装备的智能化、3D GIS支撑技术、不同来源信息的自动采集技术、多源异构信息的集成融合技术、三维建模及可视化技术、空间和属性数据的集中或分布组织管理及共享发布技术、基础信息的分析处理、基础信息的工程应用等关键技术。这些技术发展并不平衡,有一个逐步发展的过程,所以数字矿山的建设也需要循序渐进地推进。根据煤矿客观需求和当前技术水平,笔者认为构建以矿山空间信息描述为主框架,整合煤矿安全生产实时信息和管理信息的煤矿数字矿山基础信息平台是数字矿山发展之路的一个里程碑。制定数字矿山信息描述标准和面向第三方的标准接口已成为各类开发商的共识。

3 数字矿山建设框架

构建煤矿数字矿山基础信息平台就是在网络环

境下，在井田范围内统一的三维空间坐标参考下，展示和利用矿山每一个特征点的固有信息和动态信息，也就是要再现矿井的本来面目。要实现这一目标，需要采集、表现、管理和处理庞大海量的多维数据。图1为数字矿山建设框架图。

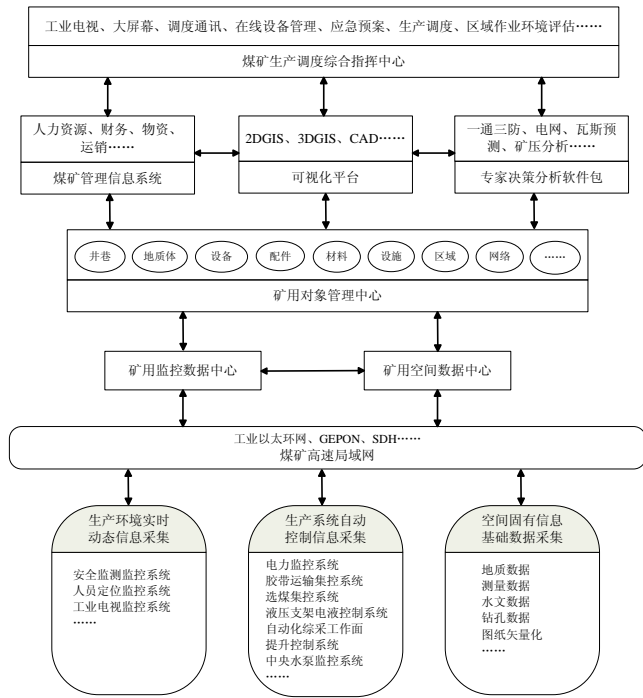


图1 数字矿山建设框架图

要构建如图1所示的数字矿山架构，需要重点完成以下几个方面任务。

(1) 建设贯穿井上和井下的高速企业网络：矿井在生产过程中产生大量的矿井空间信息和生产过程中的环境状态、设备工况、人员信息等实时动态数据，数字矿山必须确保这些海量信息在企业内部、外部快速传递，所以建设100 M/1 000 M高速企业光纤网络是实施数字矿山的前提^[5]。

(2) 建立矿井基础数据采集和更新系统：多源异构和动态变化是矿山数据的基本特征，所以必须根据不同的数据来源建立不同的采集系统；对于固有信息，可以对地质勘探和矿井测量产生的地质、测量、水文、钻孔等基础数据通过整理或图纸矢量化等手段获取，建立地测信息化管理系统和更新矿井固有信息；对于矿井环境、人员等动态信息，可以通过安全监测监控系统、人员定位系统、工业电视系统采集；对于矿井生产过程中产生的动态信息，可以通过

建立安装胶带运输、提升、洗选、供电、水泵、电液控制等系统采集，这些系统的自动化程度与设备的智能化水平相关^[6]。

(3) 构建数字矿山基础信息平台：采集到大量的固有信息和实时动态信息后，需要基于3D GIS技术的概念和编码方法规范地组织、存储、融合和管理数据。按照煤矿的业务主题建立2个层次的数据中心：一是基础信息层，划分为矿用空间数据中心和矿用监控数据中心；二是矿用对象信息层，称为矿用对象管理中心，对井巷、地质体、设备、配件、材料、设施等对象进行管理。基础信息层面向关系数据库，重点解决空间数据和属性数据的存储引擎问题；对象信息层面向对象管理矿用基础对象，是组织管理基础信息层数据的对象主题，主要建立矿用智能对象库，基于该对象库可以开发三维空间建模算法，利用3D GIS渲染引擎可视化矿井；可以开发专业分析软件包，为辅助决策和生产管理服务；可以开发安全管理、物资供应、煤炭运销等管理信息系统，提升矿井管理水平。通过实践应用逐渐完善数字矿山的描述标准，最后形成一套智能的矿用基础信息开发库，可以为不同目标应用提供共享的数据和可二次开发的功能^[6]。

(4) 建立基于3D GIS可视化支撑平台：数字矿山基础信息平台必须以3D GIS的数据规范为基础组织、管理数据，以3D GIS可视化平台为数据的集成支撑平台，开发专用的空间建模算法，可实现矿井的可视化表现。

(5) 开发专业分析软件包：数字矿山不仅要实现数据采集和可视化表现，而且要实现数据的增值利用，需要在基于数字矿山基础信息平台对采掘、供电、运输、通风、给排水等各生产子系统的工作原理进行仿真模拟，不断开发专业分析软件包，为煤矿安全生产经营管理提供决策支持。

(6) 建立适用性应用系统：根据不同的业务需求，基于数字矿山基础信息平台开发不同的业务的适用性应用系统来辅助生产经营管理是数字矿山最终目标。比如应急救援系统、设备管理系统、供电管理系统、煤矿生产综合调度管理系统等。

4 关键技术

在数字矿山建设框架下，需要各专业协同配合发展，煤矿企业、高等院校、科研单位相互促进、逐步推进、共同努力解决数字矿山的规范和技术标准、设备的智能化、高速传输网络、多源异构数据

的集成共享、3D GIS平台、三维建模算法、基础数据专业化分析处理、业务应用系统开发等关键技术。

(1) 信息规范和接口标准

数字矿山包含矿井范围内所有信息的集合。其必是一个多源异构的集成平台,研究平台内信息的定义、描述标准和规范,以及各系统间的接口技术规范是数字矿山优先要研究的内容。因此,制定我国数字矿山的规范标准和接口标准是数字矿山健康发展的关键。

(2) 设备智能化

终端设备的智能化是指该设备具有完备的检测(设备的运行参数和空间位置)和控制执行功能,并能通过接口与第三方进行信息交互,随着技术的发展,矿井装备智能化有了一定的改善,但总体水平比较低,矿井生产的主要设备如综采和综掘成套装备的电控智能化只在电液控制方面有所突破,综采工作面的采煤机、刮板输送机、转载机等主要设备智能化程度较低,相关工况参数难以获取^[7-8]。主扇、水泵、供电设备、胶带输送机、地面洗选成套装备等可以通过加载第三方传感器和PLC控制等方式实现运行工矿参数的监测和自动控制,设备本身的智能化程度较低。矿井地质测量和定位设备的智能化也是数字矿山在设备层面的一个瓶颈。主要设备的智能化是数字化矿山基础。

(3) 高速传输网络

由于煤矿生产包含采掘、运输、提升、供电、通风和排水等多个环节,就决定了矿井监测、控制子系统异构的特征,集成和整合子系统需要统一的传输平台,而可靠稳定的矿井高速网络是传输平台的首选。随着信息技术发展,工业以太环网、无源光网络(GEPON)、SDH等技术广泛应用于煤矿,构成了矿井主干的高速信息网络。该网络承担矿井数据、图像和语音的实时传输任务,但工作面、掘进巷道等地方是网络覆盖和高速接入的难点,这些地方恰恰是数字矿山信息的重要节点,高速接入、传输这些节点的信息目前是矿井高速网络的短板。因此,矿井末端节点的高速接入和传输技术是数字矿山研究的重点,各种无线传输技术(WIFI、ZigBee)、光纤传感器网络技术、专业现场总线技术的研究已成为研究的热点^[4-5]。

(4) 多源异构数据的集成和共享

把不同来源的基础数据通过XML、Web Services等技术集成融合在煤矿数字矿山基础信息平台,通过建立基础信息平台数据中心的矿用对象

管理中心,以矿用对象库的形式共享空间数据和实时数据,供矿井可视化、各业务应用系统使用。重点要解决数据的存储引擎、数据的访问机制问题。

(5) 3D GIS平台

数字矿山必须建立具有矿山特征的专业3D GIS平台,重点解决三维空间模型描述方法、三维模型数据存储管理引擎、可视化渲染引擎、三维空间场景要素组织管理、模型交互编辑操作、通用基本要素建模算法、空间基本分析等技术问题。

(6) 三维建模算法

三维空间构模方法研究是目前3D GIS领域研究的热点问题。过去十来年中,提出了二十余种空间构模方法。若不区分假3D和真3D,则空间构模方法可以归纳为基于面模型(Facial Model)、基于体模型(Volumetric Model)和基于混合模型(Mixed Model)的3大类构模体系^[9]。数字矿山需要针对矿井特征的实际建模需求和不同的矿用对象研究不同的构模算法,为了实现专业系统空间分析功能,要求模型结构必须顾及拓扑关系。

(7) 基础数据专业分析处理

数据必须经过处理才能增值利用,所以数字矿山必须支持丰富的数据处理方法库,一般处理方式有数据本身的统计分析、数据挖掘和专业处理分析。专业分析处理需要研究采掘、供电、运输、通风、给排水等各生产子系统的工作运行原理,然后研究建立相关数学模型(比如通风网络解算),制订良好的访问接口,为其他应用系统服务。

(8) 业务应用系统开发

数字矿山通过开发丰富的业务应用系统体现其适用价值,业务应用系统开发需要研究具体业务的数据使用流程,对数据专业分析处理的时机、数据可视化的方式等,另外更重要的是要考虑用户操作界面的友好性和功能的适用性,真正为辅助矿井的生产经营管理真正起作用。

5 结语

综上所述,数字矿山需要在企业高速网络环境下建立一套集矿井基础数据(空间、属性)实时有效采集、准确传输、存储管理、科学分析、可视化表现、自动化控制、智能化预警和信息反馈的矿井综合自动化安全生产系统。需要建立以矿井监控数据、空间数据为基础,以矿用对象库为核心的统一的数字矿山基础信息平台,构建煤矿按生产系统划分主题的具有完整内涵的煤矿数据仓库;开发具有煤炭行业特征

的专业化3DGIS支撑平台,为基础数据的组织管理和可视化提供机制和保证;基于数字矿山基础信息平台开发以矿井安全生产、经营管理为核心业务的应用系统,最终实现矿山资源与开采环境数字化、技术设备智能化、生产过程控制可视化、信息传输网络化、生产管理与决策科学化的发展目标。

参考文献:

- [1] 吴立新. 中国数字矿山进程[J].地理信息世界, 2008(5): 6-13.
- [2] 王李管, 曾庆田, 贾明涛. 数字矿山整体实时方案及其关键技术[J].采矿技术, 2006(3): 493-498.
- [3] 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, 63.
- [4] 吕鹏飞, 邓国华. 基于工业以太网的全矿井自动化系统[C]//现代煤炭科学技术理论与实践论文集, 北京: 煤炭工业出版社.2007: 536-545.
- [5] 胡穗延. 数字矿山信息网络框架[C]//现代煤炭科学技术理论与实践论文集, 北京: 煤炭工业出版社, 2007: 528-531.
- [6] 郭 军. 基于3DGIS技术的三维虚拟矿井设计研究[J].工矿自动化, 2007(5): 1-4.
- [7] 宁 宇. 高产高效综采工作面装备现状及发展趋势[C]//现代煤炭科学技术理论与实践论文集, 北京: 煤炭工业出版社.2007: 131-136.
- [8] 张 良. 液压支架电液控制系统的应用和发展[C]//现代煤炭科学技术理论与实践论文集, 北京: 煤炭工业出版社.2007: 269-275.
- [9] 吴立新, 史文中. 3DGIS与3DGMS中的空间构模技术[J].地理与地理信息科学, 2003(1): 5-11.