

矿山综合地理信息系统研究

张守祥¹, 张 良², 李首滨²

(1. 中国煤炭经济学院, 烟台 264005; 2. 煤炭科学研究总院, 北京 100013)

[摘 要] 分析了 GIS 在矿山建设和生产管理中的综合应用, 着重研究了 GIS 中的数据存贮结构, 将四维时空数据结构与矿井生产相联系, 并探讨了矿山 GIS 所包含的内容。

[关键词] 矿山 GIS 数据仓库 四维时空

[中图分类号] P628 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)05-0049-04

随着矿山生产管理技术水平的提高, 地理信息系统 (GIS) 作为信息技术的一个重要组成部分, 已开始应用于矿山。但是目前地理信息系统在矿山生产管理上的应用还局限在个别方面, 各方面之间缺乏有机地联系, 没有作为一个整体综合地考虑, 对矿山生产管理的影响有限。本文提出了一种新的解决方案, 综合了矿山生产和管理所需要的各种有关信息, 建立矿山综合地理信息系统 (MFGIS), 并对数字矿山的概念进行了探讨, 最后讨论了 MFGIS 的内容。

1 矿山综合 GIS 的技术特点

“数字矿山”可以解释为对真实矿山及其相关性现象统一的数字化重现和认识。其核心思想是用数字化的手段来处理矿山的生产和管理活动的问题, 最大限度地利用矿产资源, 使生产和管理者有效、安全地了解控制矿山的生产活动。其特点是生产管理所需要的地理数据、三维虚拟描述、宽带通信网络支持。数字矿山对矿山生产和管理全面综合地应用信息技术, 包括以下几个主要方面。

1.1 计算机宽带通信网络

一个数字矿井所需要的数据已不能通过单一的数据来存贮, 而是大量的多媒体信息。为了及时地反映矿山的生产活动, 包括实时地生产现场控制, 需要计算机宽带通信网络。其关键发展技术是光纤通信、TCP/IP 协议与现场总线技术的结合。

1.2 大容量数据存贮

正常生产的矿山每天都要产生大量的数据信息, 不但要记录当时当天的数据信息, 还要保存历史记录。从技术上来说需要高性能计算机和先进的数据库管理系统, 并且能提供在线分析功能, 目前宜采用数据仓库技术。

1.3 可视化和虚拟现实技术

可视化是实现数字矿山与人交互的窗口和工具, 可视化的最高境界是虚拟现实技术。建立了数字矿山之后, 用户通过一定的设备, 能看到矿山的各个生产角落, 包括一些危险的场所。例如用户可以感觉到是在几百米深的矿井下面, 行走在巷道里, 经过矿井下的各种巷道后, 到达生产工作面。然后用户看到了各种生产设备, 可以了解生产情况和控制生产设备等。其关键技术是采用虚拟现实造型语言, 实现三维显示技术, 通过高分辨率设备, 对整个矿井进行无缝拼接, 任意漫游和放大, 由三维数据通过人造视差的方法, 构造虚拟立体矿井。

虚拟现实技术对矿山尤为重要, 例如煤矿。目前在矿井下有大量的工作人员, 随时受到矿井突水、瓦斯、煤尘爆炸、冒顶、火灾、机器设备伤害等威胁。如果采用虚拟现实技术可以大大减少井下人员数量, 直至发展到无人自动化矿井。

1.4 自动控制技术

对矿山各种生产设备进行自动化控制, 减少人员的干预, 提高了生产效益。这里的关键技术是传感器技术和智能控制技术。

2 数据存贮

2.1 矿山综合 GIS 数据仓库的特点

数据仓库中的数据是面向主题的、集成的、不可更新的 (稳定的)、随时间不断变化的, 因此适合用来建立矿山 GIS 的数据存贮。

2.1.1 面向主题

主题是一个抽象的概念, 是在较高层次上将矿山 GIS 的数据综合、归类并进行分析利用的抽象。面向主题的数据组织方式, 就是在较高层次上对分

析对象的数据的一个完整的、统一的、一致的描述,能完整、统一地刻画各个分析对象所涉及的企业的各项数据,以及数据之间的联系。

矿山 GIS 数据仓库的实现主要是基于关系数据库,每个主题由一组关系表或逻辑视图实现。这些表和视图的内容与原来各个运行系统数据源的数据本质上是一致的,但为了方便支持分析数据处理,对数据结构进行了重组,为了提高数据处理速度,可能会增加一些数据冗余。

2.1.2 集成的数据

数据仓库中存贮的数据是从原来分散的各个子系统中提取出来的,但并不是原有数据的简单拷贝,而是经过统一、综合。其一,数据仓库的数据不能直接从原有数据库系统中得到。原有数据库系统记录的是每一项业务处理的流水帐,这些数据不适合于分析处理,在进入数据仓库之前必须经过综合、计算,抛弃分析处理不需要的数据项,增加一些可能涉及的外部数据。其二,数据仓库每一主题所对应的源数据在原分散数据库中有许多重复或不一致的地方,必须将这些数据转换成全局统一的定义,消除不一致和错误的地方,以保证数据的质量。否则,对不准确,甚至不正确的数据分析得出的结果将不能用于指导企业作出科学的决策。

对源数据的集成是数据仓库建设中最关键,也是最复杂的一步。

2.1.3 数据不可更新

从数据的使用方式上看,数据仓库的数据不可更新,这是指当数据被存放到数据仓库中以后,最终用户只能通过分析工具进行查询、分析,而不能修改其中存贮的数据,也就是说,数据仓库的数据对最终用户而言是只读的。由于数据仓库的查询数据量往往很大,所以对数据查询、查询界面的友好和数据的表现提出了更高的要求,因为对数据仓库进行查询分析的用户多是矿山企业的高层领导,他们是所在领域的专家,但对计算机却不一定熟悉。

从数据的内容上看,数据仓库存贮的是企业当前的和 historical 的数据,在一定的时间间隔以后,当前的数据需要按一定的方法转换成历史数据,年代久远的、查询率低的数据需要从数据仓库脱离到廉价慢速设备(如磁带或光盘)上,对分析处理不再有用的数据需要从数据仓库中删除。但这些工作是由系统管理员来做,或由系统自动完成。因此,也可以说数据仓库在一定时间间隔内是稳定的。

2.1.4 数据随时间不断变化

数据仓库数据的不可更新是针对应用而言,即用户进行分析处理时不对数据进行更新操作,但不是说,数据从进入数据仓库以后就永远不变。数据仓库中的数据随时间变化而定期地被更新,每隔一段固定的时间间隔后,运作数据库系统中产生的数据被抽取、转换以后集成到数据仓库中,而数据的过去版本仍被保留在数据仓库中,如同“定期摄影术”,每隔一周、一月或适当的间隔就照一张相;随着时间的变化,数据以更高的综合层次被不断综合,以适应趋势分析的要求;当数据超过数据仓库的存储期限,或对分析不再有用时,这些数据将从数据仓库中删去。

关于数据仓库的结构信息、维护信息被保存在数据仓库的源数据中,数据仓库维护工作由系统根据源数据中的定义自动进行,或由系统管理员定期维护,用户不必关心数据仓库如何被更新的细节。

2.2 矿山综合 GIS 数据仓库的基本体系结构

基本 MFGIS 的数据仓库模型如图 1 所示。

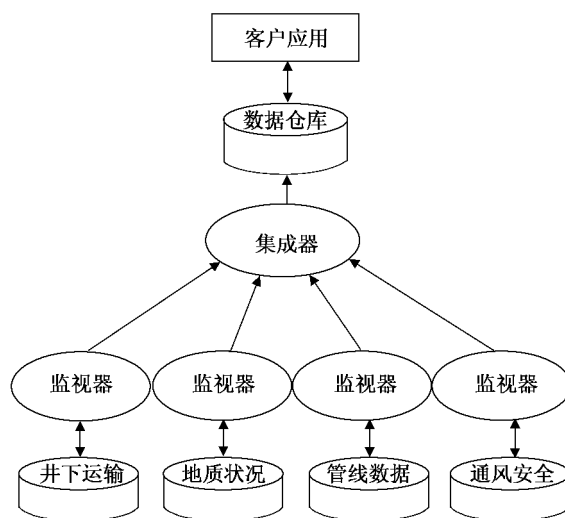


图 1 矿山综合 GIS 数据仓库体系结构

为了能够将已有的数据源提取出来,并组织成可用于决策分析所需的综合数据的形式,一个数据仓库的基本体系结构中应有以下几个基本组成部分:

- 1) 数据源,指为数据仓库提供最底层数据的运作数据库系统及外部数据。
- 2) 监视器,负责感知数据源发生的变化,并按数据仓库的需求提取数据。
- 3) 集成器,将从运作数据库中提取的数据经过转换、计算、综合等操作,并集成到数据仓库中。
- 4) 数据仓库,存贮已经按企业级视图转换的数据,供分析处理用。根据不同的分析要求,数据按不同的综合程度存储。数据仓库中还应存储元数据,

其中记录了数据的结构和数据仓库的任何变化,以支持数据仓库的开发和使用。

5) 客户应用,供用户对数据仓库中的数据进行访问查询,并以直观的方法表示分析结果的工具。

2.3 矿山综合 GIS 的数据存贮结构

矿山综合 GIS 数据存贮结构为一体化数据结构,采用矢量数据结构中的点、线、面,假定点要素无长度、面积,线要素有长度无面积,面要素有周长和面积。这是相对的,针对于某一数据精度而言,当点要素在图上尺寸小到某个精度要求时,就可以认为它无长度和面积。例如,可以把瓦斯监测看作矢量数据结构中的一个点,在整个矿井中,则分布着许多这样的点元素。下面只对点元素的存贮结构作一简单介绍。

在一体化数据结构中,点元素的存贮结构可以采用与矢量数据结构完全一致的方法。所不同的是,矢量数据存贮的是 (x, y) 坐标,而一体化结构中则需将坐标转化成索引块、基本格网和细分格网的地址码 N_1 、 N_2 和 N_3 。

如果设 $a_i, b_i (i = \{1, 2, 3\})$ 分别为第 i 级划分格网的长度和宽度, N_i 为第 i 级的块编码,则相对坐标为 (x, y) 的某点,其索引块号 N_1 、基本格网 N_2 及细分格网号 N_3 的计算过程为:

$$N_1 = \text{int}(y / b_1) \times M_1 + \text{int}(x / a_1)$$

$$x_2 = x \% a_2$$

$$y_2 = y \% b_1$$

$$N_2 = \text{int}(y_2 / b_2) \times M_2 + \text{int}(x_2 / a_2)$$

$$x_3 = x_2 \% a_2$$

$$y_3 = y_2 \% b_3$$

$$N_3 = \text{int}(y_3 / b_3) \times M_3 + \text{int}(x_3 / a_3)$$

式中 $\text{int}()$ 为取整运算, $\%$ 二元运算为取模。如果把上式取模看作一次乘除运算,则把点坐标 (x, y) 转换成三级格网单元的关键字值共需 13 次乘除运算。

3 矿山综合 GIS 技术实现

3.1 时空四维数据结构

地下矿井地理结构是三维的而且是个动态过程(图 2)。随着工作面推进,矿山压力重新分布,瓦斯积聚点的形态和位置将发生改变。今日的采场即为明日的采空区。这种采场的定位数据及成为采空区的时间,在相当长的时期内都必须予以存贮。此外,勘测人员还要对一些未开采区进行详细探测,并将

有关信息资料存贮在信息系统中。仅用三维矢量数据结构来描述矿山地理形态是不够的,矿山生产中还有一些空间数据是跟时序有关的,例如矿井通风状态等。因此有必要在三维矢量数据结构的基础上,加入时间维,构成矿山时空四维数据结构。对环境生态系统发展变化过程的分析研究,也需考虑时间和空间两方面的状况和变化。时空 GIS 是一种四维 (X, Y, Z, T) 或 (S, T) 信息系统,其中 (X, Y, Z) 或 (S) 表示空间系统, (T) 表示时间,这是一种具有时空复合分析功能和多维信息视觉化的系统。

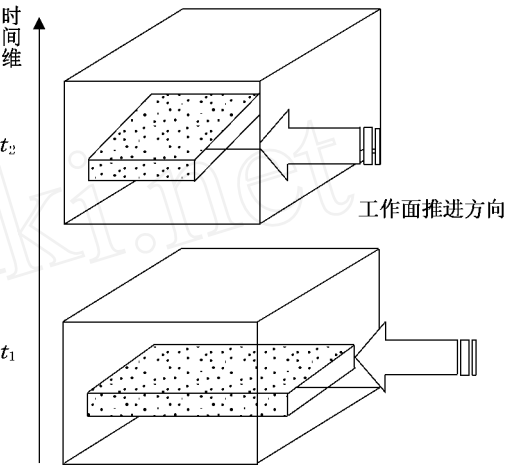


图 2 加入时间维的四维采区煤层目标

3.2 三维空间描述

矿山 GIS 的三维空间可以用各种体域组成体域的曲面,构成曲面的边界环,组成环的弧,弧上的结点来描述。例如整个矿井是体域,则巷道是线域,因此体域线域是相对的概念。

在研究设计矿山 GIS 时,要用到的算法和数据结构有:

- 空间概念模型 SCM(Space Concept Model);
- 基于拓扑关系原理的栅格转换矢量方法;
- 三维视图绘制与消隐技术等等。

矿山 GIS 软件的开发和应用迫切需要具有真三维的数据结构。从矿业应用实际出发,采用:复杂地物 - 体,体 - 复杂地物 - 曲面,曲面 - 环 - 体,环 - 弧 - 曲面,弧 - 结点 - 环,结点 - 弧这六组拓扑关系来刻画目标实体,并以层次树关系图作指导。矿山矢量数据结构描述的中心是体域,而把面域、线域、点域看作特殊的体域,并按体域形式存贮。当研究中心变化时,如原来的线域或点域被视为体域时,这种数据结构则为以后的数据扩展奠定了基础。研究表明,用 6 组拓扑关系来描述,易于生成拓扑关系,方便检索。

3.3 矿山综合 GIS 的数据体系(第一级矿井工程部分)

第二级	第三级	第四级
矿井建设	井巷工程	立井 大巷 车场
	巷道掘进 爆破 井田开拓	(略)
矿井开采	采区	工作面 煤仓 煤巷
	开发方法 矿山压力 岩层控制 特殊开采 煤岩	(略)
地质与勘探	煤层 含煤岩系 煤田 储量 矿井地质 水文地质 建井测量	
矿山测量	开采沉陷 土地复垦	
通风与安全	矿井通风 瓦斯 煤尘	
矿山机械	采煤机械 掘进机械 装载机械 提升机械 液压支架 矿山供电	
矿山电气与 通讯	电气安全 矿井监控 矿山通讯	

4 MFGIS 系统组成

以下是矿山综合 GIS 的每一子系统的内容描述。

4.1 井下运输

轨道:分层平面图,使用状态,车辆通过统计。
车辆:数量,运行状态,定位跟踪,载荷量。
皮带传送:分层平面图,运行状态,皮带参数,载

荷量。
提升设备:分布图,绞车参数(功率、额定电流、电压、最大载荷),运行状态,钢丝绳参数。
4.2 动力供应
变电站平面布置图,面积。
电力线路:布线图,备用关系,电压、电流。
压风线路:布线图,风压。
4.3 通风
通风回路图,各段巷道风量,瓦斯浓度,煤尘浓度,风门位置,风阻。
4.4 地质状况
煤层:厚度,煤型,三维实体图,分层,等高线。
岩石:硬度、顶板特性。
水文:分布、水量、补给。
矿压:矿压分布图。
4.5 巷道布置
巷道布置图,高,宽度,用途,三维实体。
4.6 设备
采煤机:位置,功率,使用状态。
运输机,风机,水泵。
4.7 安全
矿山综合 GIS 就是全面考虑矿山生产管理中的各个环节,对于矿井来说,安全生产更为重要,因此矿山综合 GIS 也考虑了安全信息。
人员撤离路线图,瓦斯浓度分布图,重点突水检测点。

[参考文献]

[1] 王珊,等. 数据库技术与联机分析处理[M]. 北京:科学出版社,1998. 6.
[2] 郭达志. 地理信息系统基础与应用[M]. 北京:煤炭工业出版社,1997. 5.
[3] 许向东,张全寿. 数据库与数据发掘的应用[J]. 计算机应用,1998. 4.

THE RESEARCH ON COMPREHENSIVE MINE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

ZHANG Shou - xiang, ZHANG Liang, LI Shou - bin

Abstract : GIS application to construction and production in mines is analyzed. Data storage structure of GIS is emphatically studied. Four - dimensional spacetime data structure is integrated with mine production. Contents of comprehensive mine GIS are inquired.

Key words : mine GIS, data warehouse , four - dimensional spacetime data structure



[第一作者简介]

张守祥(1964 年 -),男,1984 年山东科技大学毕业,获工学学士学位,高级工程师,目前在中国煤炭经济学院计算机系,从事计算机教学与研究工作。
通讯地址:山东省烟台市 中国煤炭经济学院计算机系 邮政编码:264005