

文章编号:1671-251X(2010)01-0001-05

基于 3D GIS 技术的数字矿山基础信息平台 及其应用 *

郭 军

(煤炭科学研究总院常州自动化研究院北京研发中心,北京 100013)

摘要:在分析阐述 3D GIS 技术的发展与现状及数字矿山基础信息的产生、内容、获取、层次划分、使用途径的基础上,提出了以基于 3D GIS 技术的数字矿山应用框架为核心内容的数字矿山基础信息平台的架构思想,简要介绍了基于 3D GIS 技术的数字矿山基础信息平台的产品构成和主要功能,并以应用开发案例说明了基于数字矿山基础信息平台进行专业应用二次开发的方法。

关键词:煤矿; 数字矿山; 基础信息平台; 三维可视化; 三维建模; 3D GIS

中图分类号:TD672 **文献标识码:**B

Basic Information Platform of Digital Mine Based on 3D GIS and Its Application

GUO Jun

(Beijing Development Center of Changzhou Automation Research Institute of CCRI, Beijing 100013, China)

Abstract: On the basis of analyzing and describing development and status of 3D GIS and sources, content, acquisition, hierarchy division and using ways of basic information of digital mine, a structure of basic information platform of digital mine was put forward which took application frame of digital mine based on 3D GIS as core content, composition and main functions of the basic information platform of digital mine based on 3D GIS were briefly introduced, and a method of the second development for professional application based on the basic information platform of digital mine was introduced with an example.

Key words: coal mine, digital mine, basic information platform, 3D visualization, 3D modeling, 3D GIS

0 引言

数字矿山就是在一个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能获得的信息的总和。煤矿在地质勘探、设计、建井施工、安全生产、经营管理中产生了大量的空间数据和对应的属性数据,对这些信息的认知、获取、表达、处理、共享、可视化、传输和增值利

用一直是煤矿数字化面临的课题。这些信息具有持续产生、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,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数据和管理信息的煤矿数字矿山基础信息平台,制定数字矿山信息描述标准、面向第三方的应用接口和二次开发方法,已成为当前数字矿山开发的主要内容。

本文将在分析阐述 3D GIS 技术发展现状、矿井基础信息的产生、内容、获取、层次划分和使用途径的基础上,提出以基于 3D GIS 技术的数字矿山应用框架为核心内容的数字矿山基础信息平台的架构思想,简要介绍基于 3D GIS 技术的数字矿山基础信息平台的产品构成和主要功能,并以应用开发案例说明基于数字矿山基础信息平台进行专业应用二次

收稿日期:2009-12-07

* 基金项目:科技部科研院所技术专项资金项目
(2009EG122182)

作者简介:郭 军(1966-),男,高级工程师,现任煤炭科学研究总院常州自动化研究院北京研发中心副主任,长期从事煤矿安全生产方面的软件开发研究工作。

开发的方法,供大家参考。

1 3D GIS 技术与现状

3D GIS 与 2D GIS 都需要提供最基本的空间数据处理功能,如数据获取、数据组织、数据操纵、数据分析和数据表现等。尽管有关 3D GIS 的研究与实践在国内外已十分广泛,但大多数成果由于立足于特定的有限领域,都还是分散的、不全面的,在应用实践上主要局限在三维可视化和逼真的视觉表现方面,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处在探究阶段,通用的商用 3D GIS 平台软件还没有出现。虽然没有完全商用的 3D GIS 平台,但 3D GIS 技术在一些特殊领域也有不少成功应用,比如城市地质信息管理、固体矿山储量估算等,所以基于 3D GIS 技术,结合煤炭行业的专业特征,针对安全生产客观需求,完全可以构建适合煤矿应用的数字矿山基础信息平台^[1~2]。下面就 3D GIS 在不同维数的建模、数据管理、空间分析、可视化等技术研究现状作简单介绍。

(1) 空间构模技术

在 GIS 领域,通常将以平面制图和平面分析为主要功能的 GIS,称为 2D GIS;将增加了高程信息,可以构建数字高程模型(DEM)或数字地形模型(DTM)的 GIS 称为 2.5D GIS;2.75D GIS 则是在 DTM 之上叠加地面建筑设施的 3D 造型;3D GIS 是以空间坐标(x, y, z)作为独立参数进行空间实体对象的几何建模,因而所建立的模型不仅可以实现真 3D 可视化,还可以分析 3D 空间。由于对象的多样性和对象间关系的复杂性,同时在实际应用中有不同的目标需求,为满足不同方面的应用需求,所以在建模算法上不仅要研究基于面元的 2.5D (或 2.75D)建模技术,还要研究基于体元的真 3D 建模技术,同时要考虑面元和体元相结合的混合建模技术,所以在现有 3D 建模技术不能满足通用性要求的前提下,为了满足具体的行业需求,3D 建模技术要以多样性的建模技术,针对行业特征,研究专业化的建模方法。比如矿井的巷道、胶带机等煤矿装备等特殊环境的建模方法^[1]。

(2) 数据管理技术

传统的基于文件与关系数据库混合的 GIS 数据库管理方式在数据安全性、多用户操作、网络共享及数据动态更新等方面已不能满足日益增长的需要。现有的对象关系型数据库管理系统(ORDBMS)虽然还不直接支持三维空间对象,但其

在保留关系数据库优点的同时,也采纳了面向对象数据库设计的某些原理,具有将结构性的数据组织成某种特定数据类型的机制,这使得它不仅能够处理 3D 数据的复杂关系,也能将在逻辑上需要以整体对待的数据组织成一个对象,这为 3D GIS 的海量数据管理提供了一条切实可行的途径。要满足 3D GIS 在线的各种实时应用(包括地理协同操作)需要,一方面要对多种类型多种尺度的三维数据进行精心的组织,以提供高效的数据检索机制;同时,还需要优化设计现有的各种数据库管理系统,以提供快速的数据动态存取服务^[2]。

(3) 数据可视化技术

数据动态装载、图形渐进描绘、多重细节层次(LOD, Levels of Detail)和虚拟现实表现等成为 3D GIS 可视化的典型技术特征,并且是区别于 2D GIS 最重要的特征之一。所以研究实时数据获取技术与三维可视化技术的结合,通过逼真的三维场景再现现场工作环境有强大的发展空间,尤其是煤矿业务领域中为安全生产过程管理、应急救援指挥都提供可视化的决策分析工具^[3]。

(4) 数据分析技术

空间分析是 GIS 区别于 CAD 系统的主要特征之一,2D GIS 中常用的空间分析方法主要有缓冲区分析、叠置分析、网络分析、复合分析、邻近分析等。由于三维数据本身包含二维信息,所以 3D GIS 自然具有 2D GIS 的空间分析功能。利用三维空间的高程信息,结合行业的特殊要求和具体的三维模型,可以提供一些更具增值价值的真三维空间分析功能,如煤矿的巷道淹没分析、瓦斯爆炸影响范围分析、巷道贯通分析等^[4]。

(5) 商业 GIS 平台在 3D 技术方面的应用

国外以美国环境系统研究所(Environmental Systems Research Institute,简称 ESRI)为代表的 ArcGIS 产品,国内以北京超图公司 SuperMap 和武汉中地公司 MapGIS 为代表的商用 GIS 平台,都有一部分三维方面的建模与可视化的功能,但仅限于 DEM 和以构建 TIN 模型(DTM)为核心的地表地形建模算法,这些算法以面元的方式描述 3D 空间实体的外部轮廓,不表达其内部属性,为 2.5D 或 2.75D,主要适用于地面城市景观和表达地表地形的三维模型。武汉中地公司在 3D GIS 上做了不少有益工作,包括 3D 空间数据管理引擎和体元实体建模方面,主要应用于表达国土资源、固体矿山储量估算、静态地质工程方面的问题,在处理煤矿恶劣环

境下动态变化的矿井生产过程中的围岩矿压变化规律、较为复杂的巷道网络相交关系、通风网络分析、水文地质和瓦斯地质赋存情况、煤层自燃等空间分析等方面不能完全支持,所以基于 3D GIS 技术开发煤矿数字矿山的基础信息平台,必须要结合煤矿本身的业务特征和专业开发相应的建模算法和空间分析方法。

2 数字矿山基础信息平台研究内容

矿井基础信息的产生、内容、获取、层次划分和使用途径是架构数字矿山基础信息平台的前提;平台开发内容围绕研究基础信息的数据组织规律,针对矿井生产系统的业务特征开发相关的建模算法以及可视化的表达方法,以 3D GIS 的基本空间分析算法为基础,研究生产系统各业务子系统的运行机理,开发有专业特征的空间分析算法展开,最终目标是使数字矿山基础信息平台能真正辅助矿井安全管理,起到科学决策作用^[5~6]。

(1) 基础信息产生过程

在矿井生产系统运行过程中,各业务系统会产生许多基础信息,生产管理者 and 业务系统操作者获取这些信息,通过在操作层、管理层、决策层流转筛选、分析处理,为保证生产系统正常运转提供服务。不同的业务子系统产生不同的信息,分析矿井基础信息产生的过程,有助于划分矿井信息的层次。按照生产系统各专业子系统分别进行分析,主要有地测系统、井巷系统、通风系统、供电系统、给排水系统、运输系统、采掘工作面、洗选系统等,分析这些系统产生的基础信息,通过各类监控系统采集环境状态、人员状态和设备工况信息,然后通过专家分析系统对这些信息进行加工处理,为煤矿生产经营管理系统服务。

(2) 基础信息的内容和层次

矿井生产系统的各专业子系统都包含设备的属性信息、空间信息、系统运行过程的工况信息,数字矿山要构建所有子系统所包含基础信息的数据模型,必须对矿井的基础信息进行梳理和规范化整理。按照子系统数据构成成分划分为固有信息和内嵌动态信息;按照数据的产生时机划分为矿井基础信息、专业专家分析信息、矿井经营管理信息;按照煤矿不同的人员角色可把使用数据的用户分为决策层、管理层、操作层,不同角色的人员使用数据的角度不同,所以要对矿井采集到的信息进行分级处理,提供给相应的用户。图 1 为矿井基础信息层次图。

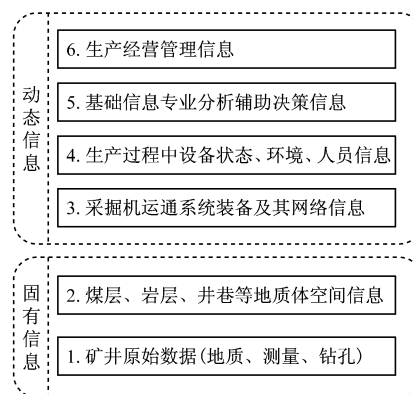


图 1 矿井基础信息层次图

(3) 基础信息获取方式

矿井生产系统中不同业务子系统数据来源不同,获取的方式各不相同,具有多源、异构、多维的特征,所以不同的系统采集的手段不同。比如,地测系统中地质数据主要来源于地质勘查报告和矿井的地质台账,这些信息要通过手工整理进入地测系统软件,数字矿山基础信息平台融合共享地质数据;通风系统的通风网络数据可以共享井巷网络的数据,风速、瓦斯、CO 等环境参数共享安全监控系统数据,通风设施信息通过规范化整理手工采集,通风设备通过相应的检测系统获得。

(4) 基础信息组织管理

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。可按照煤矿生产系统业务主题分 3 个层次组织数据:一是基础信息层,划分为矿用空间基础数据中心和矿用实时监控数据中心,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;二是矿用对象信息层,对象信息层面向对象管理矿用基础对象,是对基础信息层数据的对象主题进行组织管理,管理的对象有井巷、地质体、设备、配件、材料、设施等,主要目标是建立矿用智能对象库,基于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;三是三维模型信息层,主要管理三维模型数据的组织管理和存储访问。

(5) 三维建模算法

以生产系统为主题组织的矿用对象及其关系具有鲜明的专业特征,基于已有建模算法考虑专业需求和特殊的网络关系,研究相关专业的三维建模算法是必须解决的问题。在具体研究算法过程中,需要对不同用途的矿用对象,根据需要采用不同的基

本的建模算法。主要内容有地表地形建模算法、地质体及其属性建模算法、巷道建模算法、矿用装备及其关系建模算法、工业广场景观建模等。

(6) 三维空间专业分析

在煤矿生产实际中,地质体剖切、巷道水淹分析、通风网络解算分析、供电网络整定分析等对煤矿生产和安全具有非常重要的意义。构建矿用对象及其关系的三维模型的目的是为了真实再现整个煤矿地表环境、井下煤层及上下围岩的地质构造情况、各种井巷工程以及采矿生产情况,更为重要的是为煤矿地质、采矿工作者提供准确而又直观的地质构造模型和各种空间分析方法及工具。通过剖切地质体,显示煤矿地质体模型内部的各个细节,揭示地质体在煤矿井田内的空间分布规律,为地质、采矿工作者更加准确地解译地质信息提供帮助。通过水淹分析可以为煤矿水文地质及安全人员提供准确的水淹高度、淹没巷道的区域等信息,为制定减灾避灾方案提供依据^[4]。

(7) 三维可视化

三维可视化需要三维渲染引擎的支持,武汉中地公司的 Map GIS - TDE 平台具有性能稳定的三维渲染引擎,并且支持 Direct3D、OpenGL 等 3D 函数库,本文选择 Map GIS - TDE 平台为 3D GIS 平台。

3 数字矿山基础信息平台架构

数字矿山基础信息平台制订标准的接口规范采集融合来自不同矿井业务系统的空间数据和属性数据等基础信息,需要统一组织管理。这些基础信息在实际使用过程中是按照生产系统(井巷系统、通风系统、供电系统等)、矿用对象(井巷、地质体、设备、配件、材料、设施等)、基础数据(地质、测量、钻孔、监控、管理等数据)的层次向下挖掘利用的,所以数字矿山基础信息平台必须面向关系数据库管理矿井基础信息,按照基础数据、矿用对象、生产系统的层次从下到上管理矿井基础数据,开发以监控数据中心和空间数据中心为核心内容的基础信息存储管理引擎、矿用对象管理中心和丰富的专业分析算法(通风解算、供电网络整定分析等),这样就构成了数字矿山的基础库。基于该基础库和 3D GIS 可视化平台开发二维和三维空间建模算法,通过 3D GIS 平台支持的渲染引擎可视化矿井,以这些内容为基础采用计算机软件面向服务(WebServices)和面向组件(COM)等主流技术二次开发 API,这样就构成了一个数字矿山的应用开发框架。基于该框架,结合

实际需求可以开发安全管理、生产调度等其它应用系统。图 2 为数字矿山基础信息平台架构图。

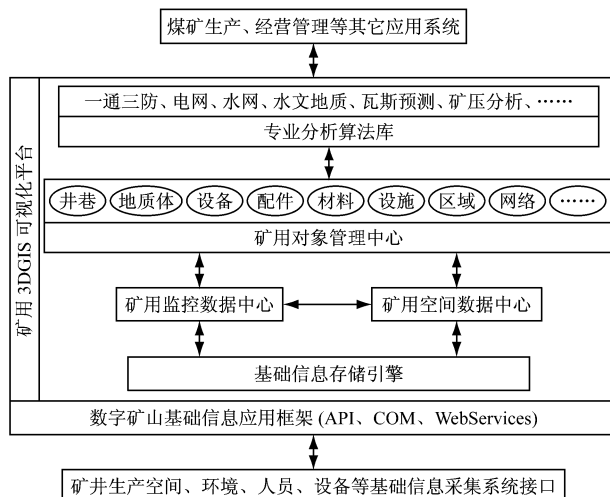


图2 数字矿山基础信息平台架构图

4 平台构成与功能

按整个数字矿山基础信息平台由空间数据采集系统、企业管理器和企业应用平台 3 个软件包构成。各软件包主要功能如下所述。

(1) 空间数据采集系统

空间数据采集系统基于数据中心,以 2D GIS 为支撑平台,按照煤矿生产系统构成和业务布置流程,以可视化交互的方式完成空间数据的采集。采集好的空间基础数据为 3D 建模准备好了数据,主要目标是做数据。图 3 为空间数据采集系统界面。

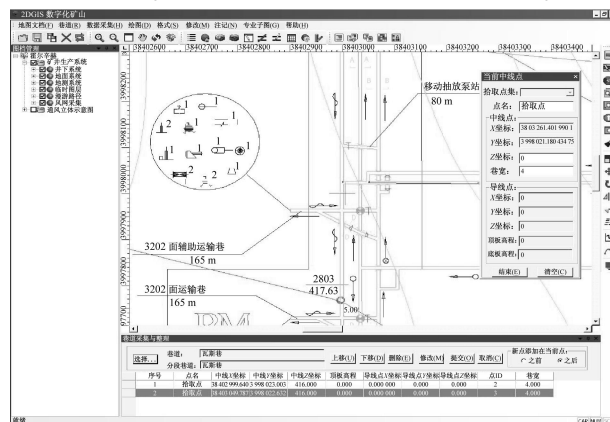


图3 空间数据采集系统界面

(2) 企业管理器

企业管理器作为企业数据管理配置中心,一方面从矿用对象的角度组织数据目录,另一方面从煤矿生产系统的角度组织数据目录,2 种模式从不同的角度管理数据,为定义数据、配置管理、查询检索、集成融合实时数据、可视化以及信息的挖掘分析提供

工具,主要目标是管数据。图 4 为企业管理器界面。

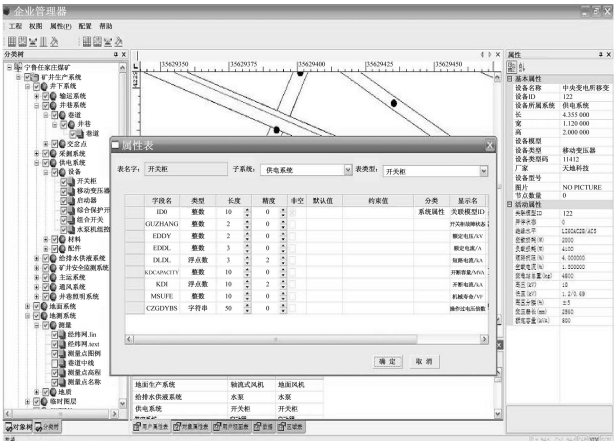


图 4 企业管理器界面

(3) 企业应用平台

企业应用平台同样基于数据中心,把煤矿生产系统以 3D 模型和 2D 图形的形式展示出来,并实现信息的查询、漫游、定位及 2D 和 3D 数据的联动,用户可通过企业管理器的配置与全矿井综合自动化系统实现平滑集成,能够实现矿井设备、人员、环境状态的实时展示,同时根据客户需求,基于平台提供的二次开发 API 开发客户化的应用系统,从而实现使用数据的目标。图 5 为企业应用平台界面。

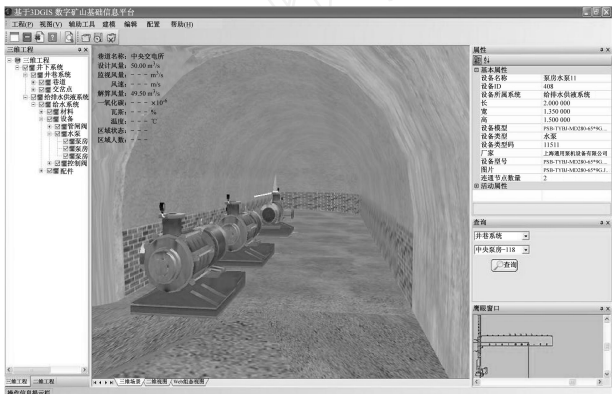


图 5 企业应用平台界面

5 应用开发案例

基于数字矿山基础信息平台提供的二次开发包可以开发辅助煤矿安全生产的应用系统,比如通风系统分析。矿井通风系统是安全管理重点,是保证安全生产的有力手段,以通风网络解算为基础,结合安全监控系统采集的巷道环境信息和巷道网络基础信息,开发通风网络分析系统。使用空间数据采集系统在井巷网络数据的基础上采集通风系统的分支,采集好通风分支后,用户使用企业管理器可以对每条分支巷道定义通风系统需要的扩展属性,并对

其属性进行数据录入或自动采集,以企业应用平台为基础,按照通风网络解算原理,将有风速测点的巷道作为固定风量分支。如果通风系统发生异常,风速测点必定会发生较大变化,这时系统会自动调用平台提供的通风解算专业分析算法进行解算分析,把解算结果与通风正常值进行比较,就可对通风异常的测点进行定位报警,从而追踪事故具体位置,实施敏捷调度,以便快速采取措施。图 6 为通风系统可视化分析界面。

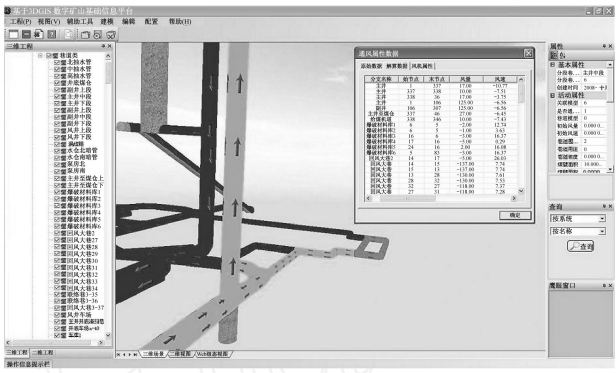


图 6 通风系统可视化分析界面

6 结语

数字矿山基础信息平台以矿井生产系统为核心业务,以数据集成、融合、共享为原则,在分析煤矿生产系统基础信息的内容构成、产生过程、层次划分、获取方式的基础上,基于 3D GIS 技术,融合不同来源的固有信息和动态信息,以构建数字矿山应用开发框架为主要内容,可视化(二维矢量图和三维模型)表达、处理、共享矿井基础信息,提供专业分析基础库,制订面向第三方标准数据接口,为矿井业务应用系统开发提供了便捷的基础方法,为实现更高层次的企业生产经营管理信息化打下了坚实基础。

参考文献:

[1] 吴立新,史文中. 3D GIS 与 3D GMS 中的空间构模技术[J]. 地理与地理信息科学, 2003(1): 5-11.

[2] 朱 庆. 三维地理信息系统技术综述[J]. 地理信息世界, 2004(3).

[3] 惠俊刚. 地质体三维建模与可视化技术研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2008.

[4] 王宝山. 煤矿虚拟现实系统三维数据模型和可视化技术与算法研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2006.

[5] 吕鹏飞,郭 军. 我国煤矿数字矿山发展现状及关键技术探讨[J]. 工矿自动化, 2009(9): 16-19.

[6] 郭 军. 基于 3D GIS 技术的三维虚拟矿井设计研究[J]. 工矿自动化, 2007(5): 1-4.