

# 基于 VRML 的采空区信息管理系统 的开发

熊立新, 罗周全

中南大学资源与安全工程学院, 长沙 410083

**摘要** 针对矿山企业因采空区数量逐渐增多而难以对其进行有效管理的现实问题, 提出了一种基于网络的采空区信息管理系统设计与开发方法。以采空区信息获取为基础, 运用采空区精密探测系统(CMS)、矿业软件 Surpac、数字化软件 QVOL 和三维模型编辑器 Vrmlpad 准确获取采空区的二维和三维信息, 开发基于 B/S 模式的采空区信息管理系统。系统实现了用户管理, 采空区二维信息增加、删除、修改、查询和打印, 通过 IE 等浏览器查看采空区三维模型, 三维形态信息网络传输与管理, 可以满足现阶段矿山企业各部门远程对采空区信息进行管理的要求, 为矿山采空区安全监管提供了一种新的技术手段。

**关键词** 采空区; 虚拟现实建模语言; 信息管理系统

**中图分类号** TD76

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.01.008

## Research on Management System of Goaf Information Based on VRML

XIONG Lixin, LUO Zhouquan

School of Resource and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

**Abstract** The disaster goaf is widespread in the mines. After obtaining the accurate 2D information (such as size, roof area exposed, surrounding rock information, whether has been processed, treating method) and 3D information, the focus of the mining enterprises is how to manage these large amounts of information effectively. In order to solve this problem, network management system for goaf information were put forward. Integrated use of the empty area detection, three-dimensional modeling, computer security control and information systems development and other technology, research on network management system of goaf information was carried out. CMS, Surpac, QVOL and Vrmlpad were used integrated to obtain the 2D and 3D information of goaf accurate, and it proposed that through WEB call 3D model to achieve 3D visualization. Selecting browse/server structure, Using SQL Server 2005 as database platform for 2D information, then Microsoft Visual Studio 2008 was choose as a tool for exploiting network management system for goaf information. System function included logging of user; 2D information management of goaf, such as increase, delete, modify, search and print etc, viewing 3D shape of goaf through browse, it can meet the requirements of enterprise various departments for information management, thereby providing services for the mine.

**Keywords** goaf; virtual reality modeling language; management information system

### 0 引言

金属矿地下采空区是目前危及中国矿山安全生产最主要的灾源之一, 准确掌握采空区的二维信息(如体积大小、顶板暴露面积、围岩信息和采空区处理方式等)和三维空间特征信息并对其进行有效管理是采空区灾害防控的基础工作, 是矿山信息化建设的重要内容。由中国移动通信集团山东分

公司研发的“E 矿山”系统, 通过把物联网技术、移动通信技术、全球定位技术和矿山现有信息化系统相融合, 在手机等无线终端上实现了对矿山企业各生产环节信息的实时掌控, 但这类系统无法对采空区多维信息进行网络可视化管理。目前有大型矿业软件 Surpac、DataMine、3D Mine 等可以在原始探测数据的基础上建立采空区的三维模型, 通过转换运算获

收稿日期: 2011-10-11; 修回日期: 2011-11-15

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题(2007BAK22B04-12, 2006BAB02B05-2-1)

作者简介: 熊立新, 博士研究生, 研究方向为采空区精密探测研究及应用, 电子信箱: k2001133@163.com; 罗周全(通信作者), 教授, 研究方向为矿床深井开采与安全预警数字化理论与技术, 电子信箱: lzq505@hotmail.com

取二维信息,但建立的三维空间特征信息数据量大,数据冗余多,只能在本地机器上运行和查看,不能脱离软件编辑环境而通过 Internet 远程查看和管理,极大影响了企业安全生产集中管理的效率,难以适应目前企业管理网络化、信息化发展的要求<sup>[1-4]</sup>。

本研究利用采空区探测系统 CMS 准确获取采空区的三维形态数据,在此基础上利用 VRML 实现 Internet 环境下的采空区三维可视化表达,开展以采空区信息精确获取为基础的采空区信息网络管理系统研究。

## 1 CMS 探测技术与原始数据获取

三维采空区监测系统 (3D Cavity Monitoring System, 3D CMS) 是加拿大 Optech 公司生产的一种基于激光的采空区探测系统。CMS 探测在矿业生产和研究中应用非常广泛,主要用于采空区形态动态探测并获取相应采空区三维信息。CMS 探测主要是通过 360° 旋转并集成有激光测距仪的扫描头实现。工程应用中,以 CMS 和 GPS 定位仪为工具,对金属矿地下开采后形成的、人员无法进入的采空区进行精密探测,从而获得采空区形态的原始数据,经过三维矿业软件的处理后,准确获取采空区三维信息<sup>[5-7]</sup>。

CMS 探测采空区获得的原始数据为“\*.txt”文件,文件内容主要包括 Coords、Level、Dropouts、Range 和 Saturations 等参数,表明采空区的尺寸、大小和相对位置等信息,非实际的地球物理地址。通过采用 CMS 自带的处理软件 CMS-PosProcess 可以将“\*.txt”格式文件转换为“\*.dxf”格式文件。

运用采空区原始探测数据可采用多种手段生成采空区三维模型。常见的软件有:Surpac、DataMine 和 Gocad 等<sup>[8-11]</sup>。本文使用 Surpac 软件构建采空区三维模型。

采空区三维模型生成后,采用 Surpac 及 Gocad 软件均可计算出采空区体积<sup>[12-13]</sup>。实践表明,不同软件计算出来的采空区体积结果基本相同。采用 Surpac 计算采空区体积方法为:第一步将空区实体模型导入 Surpac 软件中;第二步,验证空区实体模型有效性,如验证错误需对模型进行修改;第三步,空区实体模型验证无误后,计算空区体积。

## 2 数据处理与转换

通过 CMS 精确获取采空区三维边界数据后,利用 VRML (Virtual Reality Modeling Language) 对生成的三维模型进行描述,编译后生成的 VRML 2.0 格式文件保存在服务器端,用户通过网络浏览器进行三维浏览,空间建模数据借助网络一次传输完成后,所有视点的切换由浏览器来完成,人机互动过程中不会再产生任何数据传输,有效缓解了海量数据在 Internet 上的传输问题,这样就可以保证快捷、方便地在 Internet 环境下进行采空区的三维可视化表达。

### 2.1 数据处理与转换

利用 VRML 生成采空区三维模型的方法如下,方法一,由于 VRML 中所提供的几何原型不是专门针对地学模型的,

要由 VRML 所提供的几何原型显示采空区三维模型就需要通过脚本语言编写匹配程序,然后生成模型文件;方法二,通过三维造型软件,导入 dxf (Autodesk Drawing Exchange Format) 等其他格式文件转换,输出 VRML 模型文件。本研究采用方法二,将由 CMS-PosProcess 生成的 dxf 文件导入到 Surpac 程序中,修改导出 VRML 2.0 格式文件。数据转换步骤如下。

(1) DXF 是 AutoCAD 中的矢量文件格式,以 ASCII 码方式存储文件,大多数图形图像软件都支持 dxf 格式的输入与输出。图 1 为在 AutoCAD 中浏览经 CMS-PosProcess 转换后的 dxf 格式的某铜矿 52-10 采空区三维模型。

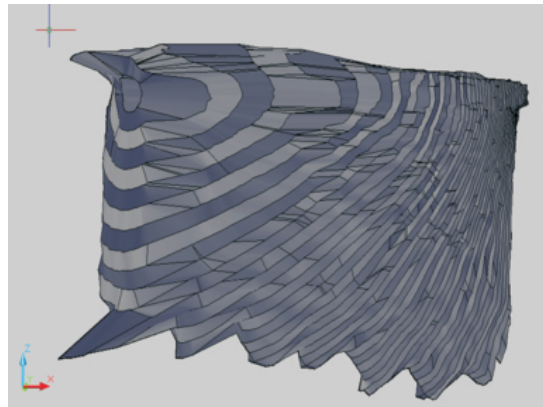


图 1 dxf 格式采空区三维模型

Fig. 1 3D model of mined-out area as dxf format

(2) 应用 Surpac 三维软件数据接口导入“\*.dxf”文件,转换成实体模型,并对采空区三维模型进行修改,利用数据接口“当前层至 VRML 2.0”导出修改完善后的三维模型,生成“\*.wrl”格式文件。

图 2 为通过记事本程序查看 52-10 采空区脚本数据(中间节点数据有省略)。也可以通过 VRMLPAD 编辑器修改生

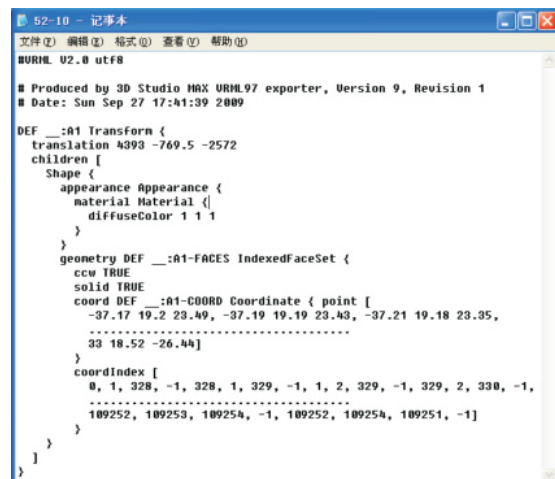


图 2 wrl 格式采空区三维模型脚本文件

Fig. 2 Script data of 3D model for mined-out area as wrl format

成的模型。采空区在 VRML 中可用数字高程模型来模拟,使用 IndexedFaceSet 节点实现。在实际应用中,要用 IndexedFaceSet 节点显示采空区,关键是 coord,coordindex, color,normal 4 个字段设置准确的值。

## 2.2 网络环境下采空区三维可视化表达

通过内置安装 VRML 插件(如德国 bitmanagement 公司的 BS Contact)的浏览器可以查看和浏览用 VRML 编程实现的虚拟对象“\*.wrl”文件。并且可以结合 HTML 语言,通过同一个页面,调用服务器上不同的采空区模型,极大地方便了企业用户对采空区三维形态的掌握。图 3 所示为在浏览器中浏览 52-10 采空区模型。

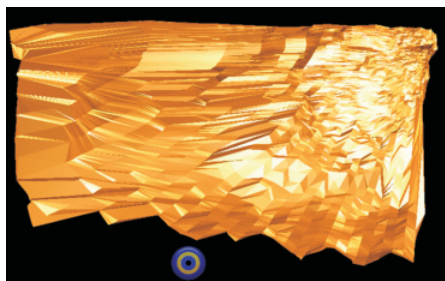


图 3 wrl 格式采空区三维模型浏览

Fig. 3 3D model of mined-out area as wrl format

## 3 系统设计

采空区信息网络管理系统的开发过程结合了生命周期和原型化方法,根据矿山采空区管理的实际情况,结合矿山企业的计算机应用水平,分析采空区管理的系统需求。

### 3.1 需求分析

根据矿山对采空区日常管理的需要,列出主要需求如下。

(1) 在权限管理上,只有经过授权的人员才可以进入本系统,本系统的使用者又分为系统管理员和矿山用户,每个角色在本模块中都只能进行相应的操作,而不能越权操作,矿山用户可以对本矿山的所有采空区二维信息进行增加、修改、删除;三维模型的编辑、修改、上传、浏览等。系统暂时只开放给系统管理员和矿山用户,不对外部用户开放。

(2) 服务器配置(包括操作系统、信息发布平台设置等)与服务器安全保障(备份机制和防病毒措施),数字上传下载过程中的数据加密需求。

在主要模块构成上,根据矿山对采空区管理的特点,主要需要完成以下几个部分的操作。

(1) 用户管理:用户更改密码,基本信息等。

(2) 采空区二维信息管理:二维信息包括空区名称、体积、顶板暴露面、是否处理、处理方式和空区围岩(泊松比、容重、总孔隙率、弹性模量、内摩擦角、黏结力、平均抗剪强度、平均抗拉强度、平均抗压强度)等,功能包括增加、删除、修改、查询和打印空区信息。

(3) 采空区三维模型数据管理:主要是浏览采空区三维空间特征,并要求可以缩放、360°旋转、改变视角和颜色等;空

区模型数据远程上传和下载。

(4) 安全管理功能:选择合适的服务器数据传输软件,建立数据传输安全措施,在与服务器进行数据传输过程中进行数据加密;建立服务器备份机制,确保数据安全;完善服务器防病毒措施;确保服务器安全。

(5) 完成页面类文件的设计,提供了每个页面所必须的公共信息,调用此页面的网页可以直接调用这些信息和服,不用关注于具体的实现方法,在公共信息需要修改时,只要直接修改类文件,而无需修改每个页面。

(6) 能实现用户身份验证功能,判断用户权限,并将权限信息提供给所有模块,包括登录成功和登录失败信息,提供管理员使用。

(7) 完成系统主要页面的设计,提供各模块标准统一的显示界面,并提供系统各个模块的分层接口,这些接口信息应该从数据库中提取动态生成的。

### 3.2 总体设计

系统采用 Web 和数据库技术结合的方式开发,采用 3 层结构。3 层结构划分如下:第一层为表示层(浏览器);第二层为具有 ODBC 接口的 Web 服务器,属于数据业务逻辑层;第三层为数据库服务层(即数据访问层)。三层体系结构具备了 C/S 体系结构的分布计算特性,客户端访问的信息均存储于数据库服务器中,从而基本可以保证结构中数据的完整性、及时性和安全性,同时,三层体系结构也保留有 B/S 结构下跨平台访问性的统一和方便。系统体系结构和功能模块见图 4 和图 5。

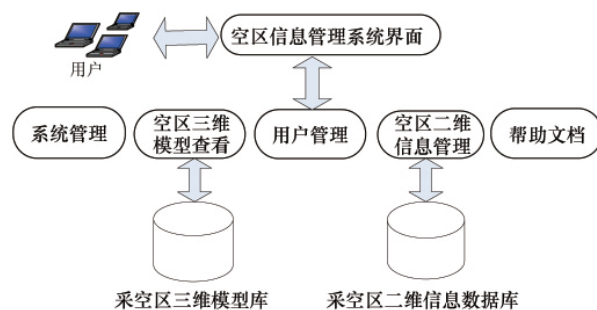


图 4 系统体系结构图

Fig. 4 System structure module

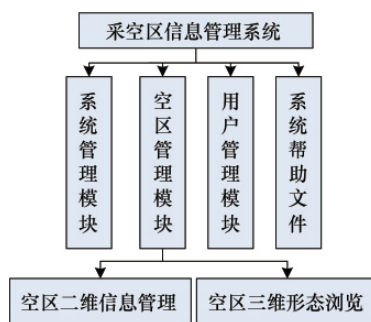


图 5 系统功能模块图

Fig. 5 System function module

### 3.3 数据库设计

采空区信息网络化管理系统开发过程中,数据库的应用是关键,数据库中包含了网站全部需要显示的内容,因此,数据库的安全性能和权限设计成为很重要的一个环节,本系统选用 SQL Server 2005,在系统设计中,对数据库的所有操作,包括读取单个记录、记录的修改和更新、用户权限的设置、尽可能地以存储过程的方式保存在数据库中,提高安全性;另一方面,数据库操作代码的相似性,可使其可重用性得到极大发挥,代码中数据操作的关键代码经过严格测试后,其他代码基本上就可以直接利用,这样使开发工作变得容易起来,维护量大大减少<sup>[14-16]</sup>。

系统表设计时,收集系统的基本数据、设计好数据结构以及规划数据处理的流程,根据前面的需求分析和总体设计原则等,该系统的数据库表主要包括如下几种。

- (1) 用户信息表:用户名,用户所属矿山,用户级别,用户密码;
- (2) 矿山信息表:矿山编号,矿山名称,矿山联系电话,负责人,矿山简介;
- (3) 采空区信息表:空区编号,空区名,空区体积,空区顶板暴露面积,是否处理,处理方式;
- (4) 围岩信息表:岩石编号,岩石名称,岩石特性等。

由以上数据表的关系看出,矿山信息和用户是一对多的关系,采空区和围岩信息表为多对多的关系。数据库中主要表之间关联如图 6 所示。

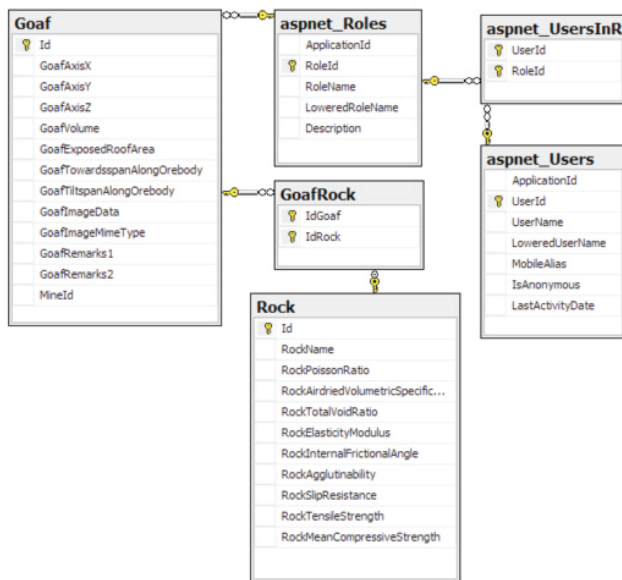


图 6 数据库表关系图

Fig. 6 Entity-relationship chart of main tables

### 4 系统开发

系统选用 Microsoft Visual Studio 2008 为开发工具,选用 SQL Server 2005 为数据库管理软件。

### 4.1 采空区二维信息管理

实现采空区二维信息管理:查看空区名称、体积大小、顶板暴露面、是否处理、处理方式等信息;查看空区围岩信息,包括围岩名称、围岩属性(泊松比、容重、总孔隙率、弹性模量、内摩擦角、黏结力、平均抗剪强度、平均抗拉强度、平均抗压强度);增加、删除、修改空区信息;修改和删除围岩信息等。

### 4.2 采空区三维模型文件 Web 调用

主要为用户通过 IE 等浏览器页面调用服务器中的采空区三维模型来浏览采空区三维形态,并要求可以缩放、360°旋转、改变视角等。主要代码如下:

```

//用于显示模型
public FileContentResult GetImage(string Goafid)
{
//从数据库中取得空区对象,返回空区对象中的
//GoafImageData
MyGoafDataContext db = GetDb();
Goaf goaf = (from g in db.Goafs
where g.Id == Goafid
select g).First();
return File(goaf.GoafImageData, goaf.GoafImageMimeType);
}
    
```

//空区三维形态浏览

```

<a href="<%=Url.Action ("GetImage","Home",new { Goafid = Model.goaf.Id }) %>">
<button type="button">空区三维模型浏览</a>
    
```

### 5 系统应用

以某铜矿用户为例说明各主要功能的应用情况,主要包括:系统管理、用户管理、采空区二维信息管理、采空区三维形态浏览、服务器数据上传下载和数据备份等,如图 7 所示。

用户首先必须安装 VRML 浏览器插件,然后可通过 IE



图 7 用户主界面

Fig. 7 Main window

等浏览器查看采空区三维模型,用户点击“空区三维模型浏览”,系统弹出 Web 页面,显示采空区三维模型,用户可以通

过鼠标对模型进行缩放、360°旋转、更改颜色等操作,如图 8 所示。

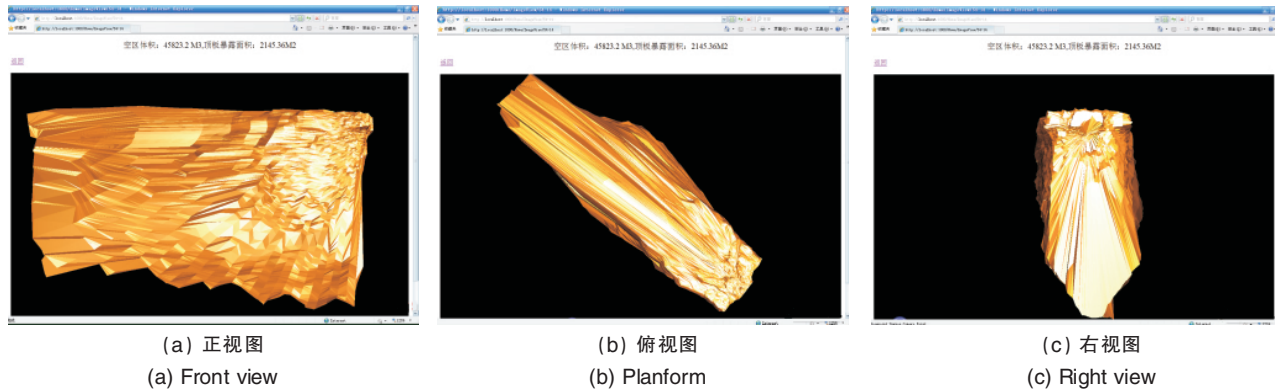


图 8 采空区三维模型多角度浏览

Fig. 8 Multi-angle view for 3D model of mined-out area

## 6 结论

随着网络技术的不断发展和安全生产的重要性,迫切要求准确掌握采空区的二维信息(如体积大小、顶板暴露面积、围岩信息和空区处理方式等)和三维空间特征信息并对其通过网络进行远程管理,本课题的下一步研究重点是细化矿山企业各部门用户的需求,如管理、安全、生产、设计等部门,不同的部门对管理系统有不同的需求,部分用户只需浏览查看总体情况;部分用户需要具有浏览、量测功能;另一些用户则需要具有浏览、量测、编辑等功能;在保证企业信息安全的情况下,系统也可以考虑将部分浏览的功能开放给企业的外部人员。

工程应用表明,该采空区信息网络管理系统通过浏览器不仅能在网络环境下查看采空区二维信息,还能实现采空区三维可视化表达,可以对采空区的二维信息和三维空间形态进行综合管理,具有操作简便,视觉效果好,交互性强等特点,可为矿山企业安全生产提供良好的技术支持,也为矿山其他地质体的网络环境下系统管理提供借鉴方法。

## 参考文献 (References)

- [1] 古德生,李夕兵.现代金属矿床开采科学技术[M].长沙:冶金工业出版社,2006.  
Gu Desheng, Li Xibing. Modern mining science and technology for metal mineral resources[M]. Changsha: Metallurgical Industry Press, 2006.
- [2] 罗周全,刘晓明,杨彪,等.采空区精密探测技术应用研究[J].矿业研究与开发,2006,26(S2): 87-90.  
Luo Zhouquan, Liu Xiaoming, Yang Biao, et al. Mining Research & Development, 2006, 26(S2): 87-90.
- [3] 刘晓明,罗周全,袁雯妮,等.基于CMS的隐患空区三维特征信息获取[J].科技导报,2011,29(5): 32-36.  
Liu Xiaoming, Luo Zhouquan, Yuan Wenni, et al. Science and Technology Review, 2011, 29(5): 32-36.
- [4] 单国军,谢振华,金龙哲.非煤矿山安全信息管理系统的开发[J].工业安全与环保,2005(5): 52-54.  
Shan Guojun, Xie Zhenhua, Jin Longze. Industrial Safety and Environmental Protection, 2005(5): 52-54.

- [5] 李占利,孙秀英.RP软件中VRML模型的可视化研究[J].计算机工程与设计,2007,28(5): 1185-1188.  
Li Zhanli, Sun Xiuying. Computer Engineering and Design, 2007, 28(5): 1185-1188.
- [6] 梅晓仁,张瑞新.基于VRML的煤矿床三维可视化方法研究[J].中国矿业大学学报,2004,33(6): 665-667.  
Mei Xiaoren, Zhang Ruixin. Journal of China University of Mining & Technology, 2004, 33(6): 665-667.
- [7] 刘怡,张洪定.虚拟现实VRML程序设计[M].天津:南开大学出版社,2007.  
Liu Yi, Zhang Hongdin. Virtual reality modeling language [M]. Tianjin: Nankai University Press, 2007.
- [8] Raper J F. Key 3d modeling concepts for geoscientific analysis [M]// Turner A K, ed. Three-dimensional modeling with geoscientific information systems. NATO ASI, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1992: 215-232.
- [9] Optech System Corporation. Cavity monitoring system wireless user manual[M]. Toronto: Optech System Corporaten, 2004.
- [10] Luo Zhouquan, Liu Xiaoming, Zhang Bao. Cavity 3D modeling and correlative techniques based on cavity monitoring [J]. Journal of Central South University of Technology, 2008, 15(5): 639-644.
- [11] 刘晓明,罗周全,孙利娟.三维GIS空间数据集成和可视化技术研究[J].科技导报,2008,26(10): 65-68.  
Liu Xiaoming, Luo Zhouquan, Sun Lijuan. Science & Technology Review, 2008, 26(10): 65-68.
- [12] 李海华,张瑞新.应用Surpac软件进行露天矿采矿工程的可视化[J].中国矿业,2004,13(1): 63-65.  
Li Haihua, Zhang Ruixin. China Mining Magazine, 2004, 13(1): 63-65.
- [13] 张茂军.虚拟现实系统[M].北京:科学出版社,2001.  
Zhang Maojun. Virtual reality system[M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [14] 黄梯云.管理信息系统[M].3版.北京:高等教育出版社,2005.  
Huang Tiyun. Management information system [M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2005.
- [15] 陶宏才.数据库原理与设计[M].2版.北京:清华大学出版社,2007.  
Tao Hongcai. Principles and design of database [M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.
- [16] 陈一洲,谢贤平,李毅.非煤矿山伤亡事故统计管理系统的研究与开发[J].黄金,2007(12): 36-38.  
Chen Yizhou, Xie Xianpin, Li Yi. Gold, 2007(12): 36-38.

(责任编辑 代丽)