

开采沉陷

开采沉陷可视化工程分析设计系统

王旭春¹ 黄福昌² 张怀新² 张连贵²

(1. 兖矿集团有限公司博士后科研工作站; 2. 兖矿集团有限公司 山东 邹城 273500)

摘要 开采沉陷可视化工程分析设计系统(MSVEADS2001),是采用三维数据场可视化与GIS技术开发的集沉陷预测、GIS工程分析与方案优化设计于一体的矿山开采决策支持系统,文中介绍了系统的总体结构、主要功能及关键技术研究。通过实例计算结果,论述了开采沉陷三维数据场可视化实现途径及应用。

关键词 开采沉陷 三维数据场可视化 GIS工程分析 方案优化设计

1 引言

科学计算可视化(Visualization in Scientific Computing)是发达国家在20世纪80年代末提出并发展起来的一个全新的研究领域。科学计算可视化可以极大地提高科学计算数据的处理速度和质量,并将计算结果用图形或图像方式形象、直观地显示出来,使冗繁而枯燥的数据变得生动有趣,给科学研究乃至管理与决策工作带来了根本性的变化^[1]。因此,在短短的时间内得到了迅猛发展,尤其是做为其核心的三维数据场可视化技术,正广泛应用于自然科学及工程技术的各个领域。

开采沉陷可视化工程分析设计系统的开发,全面采用了三维数据场可视化技术。同时,结合底层数据库技术、GIS技术和可视化编程技术,使系统的开发达到了商业化水平。系统开发遵循了以下原则^[2]:

(1) 一体化原则,实现开采沉陷预测与开采方案设计的一体化;

(2) 集成化原则,实现多种采法预计及方案设计的集成化、多种绘图处理及工程分析系统的集成化;

(3) 可视化原则,系统操作可视化、计算成果可视化及GIS空间可视化;

(4) 标准化原则,系统操作界面标准化、输出成果数据格式标准化。

整个系统开发依托于兖矿集团公司首个博士后科研课题“建筑物下不搬迁安全采煤技术研究”的理论及实验研究成果,增加了宽厚条带煤柱设计和房式开采设计及预计等功能项。目前,系统正应用于生产实践中。

2 系统总体结构^[2]

从技术开发角度将系统分为六个部分,如图1所示。其中: 底层数据库,用于开采沉陷预计数据文件和开采方案设计数据文件及绘图控制数据存储; 计算、设计及工程分析,用于完成开采沉陷预计及开采方案优化设计计算分析; 计算成果数据处理,用于开采沉陷预计及开采方案优化设计计算分析成果数据屏显及临时存储; 数据表格存储及输出(输出),将开采沉陷预计及开采方案优化设计的计算参数数据及计算成果数据直接以标准

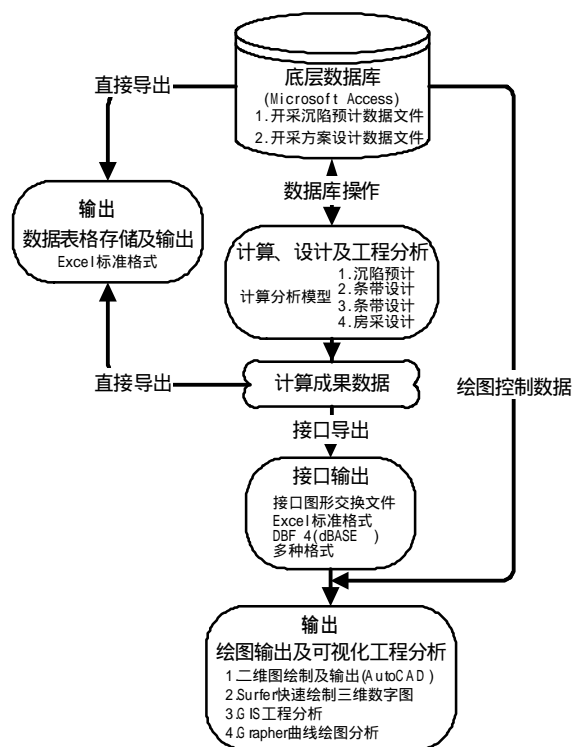


图1 MSVEADS2001系统总体结构^[2]

Microsoft Excel 表格格式导出,用于存档及报告编

制；接口输出，生成辅助绘图及分析系统AutoCAD、Surfer、Grapher和ArcView GIS能够识别的数据格式文件及接口图形交换文件；绘图输出及可视化工程分析(输出)，用于二维图绘制及输出(AutoCAD)、Surfer快速绘制三维数字图、GIS工程分析和方案优化设计的Grapher曲线绘图分析。

3 系统主要功能^[2]

考虑到系统任务的特殊性，将系统设计为开采沉陷预测和开采方案优化设计两个子系统，分别进行功能设计。

3.1 开采沉陷预测子系统功能

用于开采沉陷工程分析。同时，也可用于完成普通采法(如协调开采等)开采方案的对比优化设计工作。主要功能项如下：

(1) 预计数据文件建立、编辑、管理及导出

数据文件建立；

数据文件编辑及导出。

(2) 预计计算

矩形区域预计；

剖面预计；

散点预计。

(3) 预计成果数据快速查询及导出(标准

Microsoft Excel表格数据)

预计成果数据查询及导出；

Surfer及GIS等各种接口数据导出。

(4) 预计成果二维图绘制及输出(Auto CAD)

图形交换文件生成；

平面图绘制；

剖面图绘制。

(5) Surfer数字图绘制(快速绘制三维数字图)

(6) GIS工程分析

3.2 开采方案优化设计子系统功能

用于条带及房柱式(或房式)开采的开采方案优化设计工作。同时，也可用于进行其它煤柱的合理留设计算工作，以及进行控制地表变形开采方案动态优化设计工作。主要功能项如下：

(1) 条带开采优化设计计算分析(Wilson公式)

条采数据文件建立、编辑、管理及导出；

条带开采优化设计计算；

计算结果快速查询及导出(标准Microsoft Excel表格数据)；

——计算成果数据查询及导出；

——Grapher接口数据导出。

(2) 条带开采优化设计计算分析(改进的Wilson公式)

条采数据文件建立、编辑、管理及导出；

条带开采优化设计计算；

计算结果快速查询及导出(标准Microsoft Excel表格数据)；

——计算成果数据查询及导出；

——Grapher接口数据导出。

(3) 房柱(或房式)开采优化设计计算分析

房采数据文件建立、编辑、管理及导出；

房柱开采优化设计计算；

计算结果快速查询及导出(标准Microsoft Excel表格数据)；

——计算成果数据查询及导出；

——Grapher接口数据导出。

(4) Grapher曲线绘图分析

4 系统关键理论、技术及三维数据场可视化

4.1 系统关键理论、技术研究与开发

(1) 系统关键理论及模型研究、确定

系统研制首先是建立在理论与实验研究的基础上。本次开发，对厚煤层建筑物下不搬迁安全开采相关的理论及模型问题进行了深入的研究工作。主要成果如下：

通过综合分析、三维物理模拟和数值模拟，确立了厚煤层建筑物下不搬迁开采方法与模式；

探讨了宽厚条带综放开采“拟充分开采”及“临界采宽”问题；

通过煤岩体长期强度及流变三轴试验，确立了典型矿井煤柱设计参数；

通过三维相似材料物理模拟试验和FLAC3D数值解析，得到了厚煤层宽条带综放开采地表及覆岩移动破坏规律、煤柱塑性区分布演化规律，并在此基础上对著名的A.H.Wilson公式进行了改进，得到新的适合于宽厚条带煤柱设计的理论公式；

详细探讨了开采方案优化设计问题，并形成了控制变形开采动态优化设计思想及方法；

(2) 系统关键技术开发

系统开发解决的关键技术问题如下：

系统计算数据的输入、多种数据格式的存储及导出问题；

非通用格式数据库的设计问题；

系统计算数据流的导向问题；

二维曲线数据点追踪及插值问题；

GIS中实现任意断面切割及多要素综合分析；

多个应用系统的集成化问题；

计算成果可视化问题；

各类接口设计问题。

4.2 三维数据场可视化实现途径^[2]

开采沉陷涉及的地质采矿信息及计算结果数据等，均一一对应于空间的坐标系，因此，属于三维空间数据场。计算成果三维数据场可视化是系统开发的重要部分，系统中通过多种途径，用不同的方式来实现计算成果三维数据场的可视化。

(1) 标准Microsoft Excel数据表格输出

各类计算数据文件及计算成果文件，除用数据库存储外，还可利用标准Microsoft Excel数据表格形式输出，用于存档及报告编制。

(2) Auto CAD二维图形方式

通过系统转换，将计算成果数据写成AutoCAD的接口图形交换文件格式，然后调用AutoCAD系统成图。形成的图形种类有：地表移动变形二维等值线图(图2)和二维剖面图(图3)。这一方式的特点是：形成的AutoCAD格式图形具有较强的通用性和强大的图形再编辑功能。

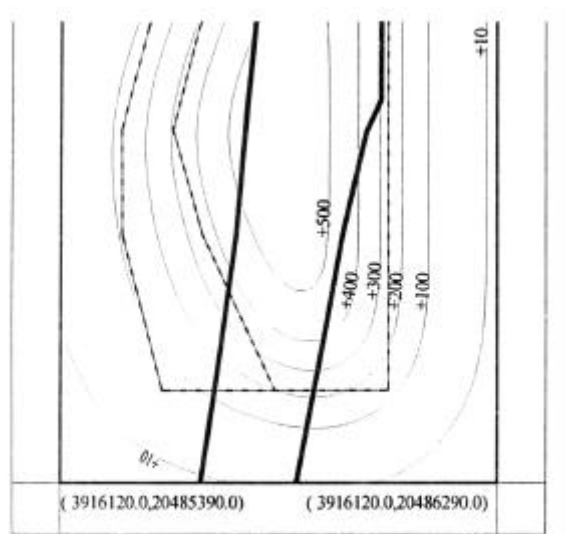


图2 开采沉陷预测二维等值线图(局部)

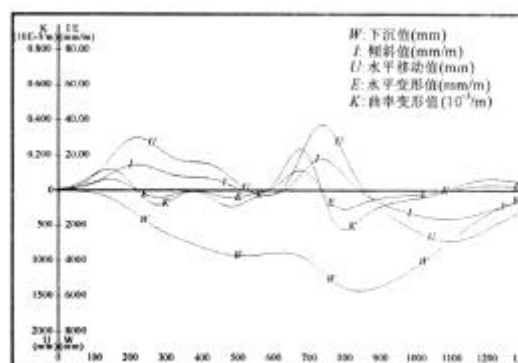


图3 开采沉陷预测二维剖面图(局部)

(3) Surfer快速绘制三维数字图方式

通过系统开发的专用接口数据导出功能，将预计成果写成Surfer调用格式数据文件，然后调用Surfer快速成图(图4)。这一方式的特点是：操作简便、成图速度快，形成的三维图具有再编辑功能。

(4) GIS工程分析专题图方式(高级用户使用)

通过系统开发的专用接口数据导出功能，将预计成果写成GIS可调用格式数据文件，然后调用GIS系统绘制各类主题图件(图5)。

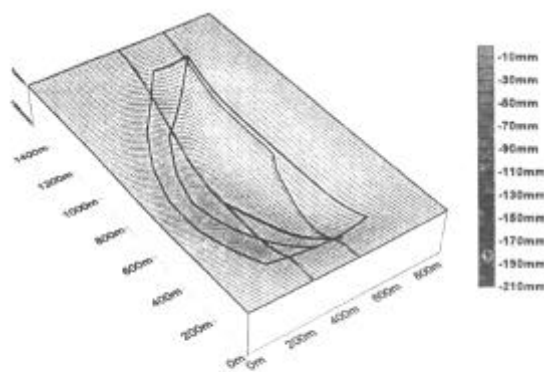


图4 开采沉陷工程分析Surfer三维数字图

这一方式的特点：可充分利用GIS系统强大空间查询与分析功能，进行开采沉陷损害的综合评价与快速查询。如按照各种变形(下沉、水平变形等)的阈值进行单要素或多要素的建筑物损害程度快速分区；用鼠标点击进行任意点位的变形值等(属性)查询。此外，还可进行地表沉陷后的水理解析，以及土地复垦治理土方工程量计算等。总之，充分利用GIS的强大功能，能够满足开采沉陷工程分析设计的各种要求，具有其它系统不可比拟的优越性。



图5 开采沉陷GIS专题工程分析图

鉴于一般的GIS基本功能中没有单层或多层断面切割功能^[3],系统开发中,通过二次开发,实现了任意断面(任意位置、任意形状)切割形成剖面图(图6)等功能,这些功能对开采沉陷工程分析至关重要。切割形成的剖面图,同样可以通过鼠标点击进行任意点位属性(如坐标和变形值等)的查询。

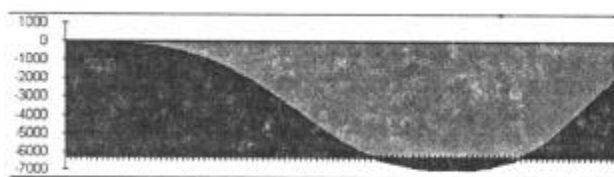


图6 开采沉陷GIS工程分析任意切割剖面图

(5) 方案优化设计Grapher曲线分析图方式

方案优化设计工作,不仅要进行参数计算,而且还要进行要素间的关系分析,尤其是进行控制地表变形方案优化设计时,考虑的因素更多,如果采用常规的试算方法,耗时又不科学。系统开发充分考虑了这一问题,可以快速生成任意要素间(如:煤柱宽度与安全系数、最大下沉值等)的二维关系曲线,在曲线上进行求解确定最优方案,直观而快捷(图7)。

5 结 语

开采沉陷可视化工程分析设计系统的开发,本着即应用目前最先进的三维数据场可视化和GIS技术,又不过于庞杂而难于掌握和应用,面向的是现场的一般工程技术人员。同时,系统开发严格按照商业化软件标准进行,以增强系统的标准性及稳

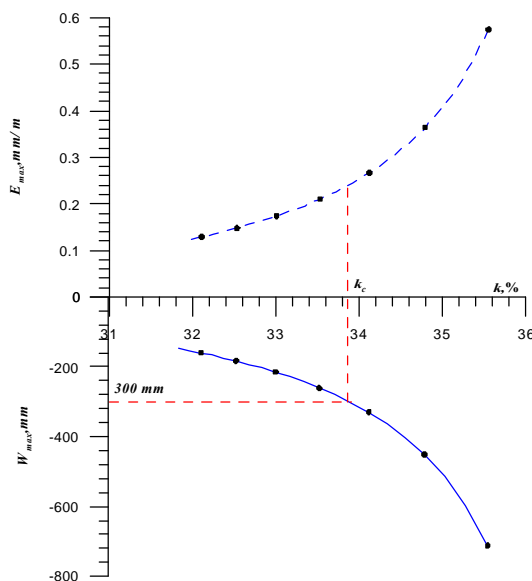


图7 方案优化设计Grapher二维曲线分析图

定性。目前,系统已投入实际应用中,正准备进行系统配套参数数据库建立及根据应用信息反馈进行系统功能扩充和再优化工作。

三维数据场可视化技术,给科学研究、管理与决策带来了全新的思维语言和强有力的工具^[4],对于工程技术领域意义重大。我国目前是世界上的头号采煤大国,但企业信息化程度严重滞后,大力发展信息化与可视化技术,对于煤矿安全生产及改变企业形象具有重大的现实意义。

参考文献

- [1] 唐泽圣等.三维数据场可视化.北京:清华大学出版社,1999
- [2] 王旭春.开采沉陷可视化工程分析设计系统研究与开发.北京:中国矿业大学北京研究生院博士后出站报告,2002
- [3] 王旭春.滑坡GIS二维与三维信息转化技术研究.成都理工大学学报(中国西部重大工程与环境地质问题研究专刊),2001
- [4] 王旭春.三峡库区滑坡预测预报3S系统关键问题研究.北京:中国矿业大学(北京校区)博士学位论文,1999

第一作者简介 王旭春,男,1963年生吉林洮南人博士后,1997~2000年赴日本九州大学留学,1999年12月获工学博士学位。现在中国矿业大学博士后流动站与兖矿集团博士后工作站从事矿业工程方面的博士后研究工作,任中国岩石力学与工程学会地面岩石工程专业委员会副秘书长,发表论文20余篇,合著专著1部,获省部级科技奖励4项。

(收稿日期:2002年6月25日)

ENGLISH ABSTRACTS OF MAIN ARTICLES IN THIS ISSUE

Double-Distance Eccentric Survey and Its Applications in Mine Surveying----- Double-distance eccentric survey is of great value in the practice of mine surveying. A discussion is made in the paper of the principle of double-distance eccentric survey function of SOKKIA total station; formula for calculating error of coordinate of detail points affected by various factors is derived; magnitude affected is analyzed by giving examples; and measures for reducing coordinate error of the detail points is put forward. (Qin Hui)

Control Survey Technique of Concealed Tunnel in Power Station-Bawangfen Section of No. 8 Double Subway in Beijing-----In light of the features of the concealed tunnel in Power Station-Bawangfen section of No. 8 Double Subway in Beijing and the requirement of engineering technique, a discussion is made of the major causes of error in laying straight-line traverse and the measures to reduce it. The engineering practice indicates that this plan is rational and the measures taken are correct. (Gao Zhengzhong et al.)

Mining Subsidence Visualization Engineering Analysis and Design System-----Mining subsidence visualization engineering analysis and design system (MSVEADS2001) is a mining decision support system developed with the three-dimensional data field visualization and GIS technique, which combines the subsidence prediction, GIS engineering analysis and optimum design of plans together. The paper elaborates on the general structure, main functions and key technological research of the system, and method for realizing the visualization of three-dimensional data field of mining-related subsidence and its application is discussed by way of case examples. (Wang Xuchun et al.)

Major Problems Encountered in Coal Mining beneath Villages in Yongxia Mining Area and Some Suggestions-----In view of the characteristics of coal mining beneath villages in Yongxia Mining Area, major problems encountered are pointed out, and suggestions on how to conduct mining under villages later on are raised. (Chen Suyang et al.)

Construction of GIS-based Geologic Survey Spatial Information Platform in Mining Area-----The paper elaborates on the two key technical problems in construction of geologic survey spatial information platform in mining area: support technique and application system. Concrete procedure for organizing the construction is put forward. It proves to be of significance for reference for the establishment of geographic information system in China's mining area. (Chen Shaojie)

Several Problems Relating to the Establishment of Differential GPS Positioning System Based on Internet-----In recent years the technology of Internet and its application develops rapidly, and information transmission via the Internet

is made possible. Moreover, there are many advantages to provide differential positioning service for users based on the Internet. A brief introduction is made in the paper of the system composition, data transmission, problems existed and the countermeasures in construction of the differential GPS positioning system based on Internet. (Wang Qilin et al.)

Application of GIS in Gas Prediction and Management-----A study is made in the paper of a new way of managing information for predicting gas burst area based on GIS technology. A three-dimensional, real time changing and visualized information platform which includes several variables is established with the application of information integration, and combination of regional prediction and determination is realized. (Yin Zhongyan et al.)

Several Technical Problems in the Application of Digital Mapping Software-----An introduction is made of a simple way for making unified template in the course of digital mapping with the WALK mapping software: dividing layers first, then defining the required planimetric and geomorphic symbols under these layers, finally choosing a name for the template. It is suggested that information in the whole surveying area be placed under several sub engineering and corresponds to the related database, thus these sub engineering can run under smaller data state, relieving the CPU from large amount of unnecessary computation and the work efficiency can be improved greatly. (Zhao Donghui)

Dynamic Spotting of Mine Map using AutoCAD-----To change the traditional mode of mine map spotting, the "spotting-storage" mode is changed into spotting data storage based on ACADR14 to establish the dynamic database of mine map spotting data, the continuity and integrity of the roadway is maintained. The spotting data of plan view of excavation is classified and analyzed. Finally the procedure for realizing various dynamic spotting is given. (Wang Chong)

A Preliminary Discussion on Standardization of Field Sketch Drawing in Digitized Topographic Plotting---How to draw sketch of digital topographic map correctly and with high efficiency is a key link in digitized field map plotting. The author introduces the experience of sketch drawing in the light of his own work in digitized topographic plotting. (Han Kuifeng et al.)

Several Problems Relating to the New Round of Land Assessment and Reference Land Price Updating---The paper elaborates on several points requiring attention in the new round of land assessment and reference land price updating, method and countermeasures for solving the problems are put forward. (Niu Haipeng et al.)