

文章编号:1001-1986(2005)06-0020-04

基于GIS的瓦斯预测信息管理系统

刘明举,郝富昌

(河南理工大学资源与材料工程系,河南 焦作 454003)

摘要:结合潘三矿瓦斯预测信息管理系统的实例,分析了瓦斯突出区域预测指标,探讨了如何利用地理信息系统(GIS)技术和计算机技术实现瓦斯预测的科学化自动化管理,对基于ArcView的瓦斯预测信息管理系统的总体结构及系统功能进行了分析和设计,并对系统开发过程中的关键技术进行了详细分析。

关键词:瓦斯预测;GIS;信息管理系统;瓦斯地质

中图分类号:TD 712.5;TP319 **文献标识码:**A

Managing information system of gas prediction based on GIS

LIU Ming-ju, HAO Fu-chang

(Department of Resource & Material Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China)

Abstract: Taking the gas prediction information system of Pansan mine as example, the index of gas outburst zone prediction is analyzed. This paper also discusses how to achieve the scientific and automatic management of gas prediction using the advanced geography information system (GIS) technique and computer technique. The collective framework and functions of the system are analyzed and designed based on ArcView. Moreover, the key technology of this system is also analyzed.

Key words: gas prediction; GIS; managing information system; gas geology

1 引言

准确科学地预测矿井瓦斯突出危险区,是确保煤矿安全生产的关键。对瓦斯突出区域的预测,涉及数据多,信息量大,且多数信息具有三维立体空间定位的特性,并具有较强的时效性。如何有效地将它们管理起来,是体现矿井安全管理水平和先进程度的重要标志。

在传统的突出预测过程中,研究者统计和分析瓦斯地质数据,绘制相关专题分析图件;在综合分析基础上绘制瓦斯地质图作为突出预测成果。这种预测过程和预测结果具有4方面不足。首先,分析预测过程耗费大量的人力和物力,而且由于认识上的不同和主观意识的差异,突出预测结果会因人而异。其次,反映突出条件的瓦斯地质数据随煤矿生产而不断变化,但传统的预测结果是静态的,不能随

着瓦斯地质数据的累积而及时更新,所以也就不能及时提供最新、最准确的预测成果。再者,预测方法不便于组合不同突出影响因素以分析其相关性及其对突出的贡献。最后,数据与结果(图件)是分离的,不便于数据的一致性验证和数据的历史性分析与永久保存。因此,为克服传统方法的不足,便开发了基于数字化信息平台的瓦斯突出信息管理系统。本系统运用地理信息系统(GIS)的方法和原理,结合瓦斯地质理论,进行煤与瓦斯突出区域预测,实现区域预测的定量化、科学化和动态监控,这对瓦斯预测的多目标多维方向的发展有巨大的推进作用。

本软件系统以一个瓦斯涌出量大,煤与瓦斯突出频繁的矿井——淮南煤业集团潘三煤矿的瓦斯地质资料和突出信息为例,在GIS的基础上,开发出了具有Windows风格、功能较强、操作灵活、方便实用且可供普遍推广的瓦斯预测信息管理系统。

收稿日期:2005-02-24

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2001BA803B0402)

作者简介:刘明举(1964—),男,河南桐柏人,河南理工大学特聘教授,博士生导师,主要从事煤炭动力灾害和瓦斯灾害防治研究。

参考文献

- [1] 柳益群,李文厚.陕甘宁盆地东部上三叠统含油岩石的成岩特点及孔隙演化[J].沉积学报,1996,14(3):87-96.
- [2] 梅志超,彭荣华,杨华等.陕北三叠统延长组含油砂体的沉积环境[J].石油与天然气地质,1989,9(3):261-267.
- [3] 冯乔,赵一鸣,宋宜平.陕北川口油田低渗透岩性油藏地质特征[J].西北大学学报(自然科学版),1997,27(2):151-154.
- [4] 李文厚,柳益群,冯乔.川口油田长6油层组沉积特征与储集条件[J].西北大学学报(自然科学版),1996,26(2):155-158.
- [5] 杨友运.印支期秦岭造山活动对鄂尔多斯盆地延长组沉积特征的影响[J].煤田地质与勘探,2004,32(5):7-9.
- [6] 武富礼,李文厚.鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J].古地理学报,2004,6(3):307-315.
- [7] 李文厚,柳益群,冯乔.川口油田长6段油层组储集层特征与油气富集规律[J].岩石学报,1998,14(1):117-127.

瓦斯突出区域预测指标

煤与瓦斯突出是由瓦斯、地应力和煤的物理力学性质等多因素共同作用的结果^[1]。《防治煤与瓦斯突出细则》规定的综合指标 D 值和 K 值考虑了瓦斯压力、地应力和煤的强度性质这 3 项指标,具有一定合理性^[2]。目前,淮南矿区各矿普遍采用综合指标法进行突出危险性区域预测,并取得了良好的应用效果。综合指标法 D 值计算公式如下:

$$D = (0.0075 \frac{H}{f} - 3)(P - 0.74),$$

式中 H ——开采深度;
 P ——煤层瓦斯压力;
 f ——煤的坚固性系数。

由于潘三矿开采区域内的煤层埋藏深度均超过 400 m,由上式计算得出的 D 值的前半部分已经超过 10.63,因此,瓦斯压力 P 的大小决定着综合预测指标 D 值是否达到或超过临界值 0.25。对于埋藏深度为 400 m 的煤层而言,当煤层瓦斯压力达到或超过 0.76 MPa 时,综合预测指标 D 值就能够超过 0.25;对于埋藏深度达到 500 m 以上的煤层,瓦斯压力只要稍稍大于 0.74 MPa,综合预测指标 D 值就会超过 0.25。故此,可以把煤层瓦斯压力 $P = 0.74$ MPa 的等值线作为预测潘三矿突出危险区的临界指标。

突出区域预测综合指标 K 值是煤体结构破坏程度的一个综合指标^[3]。江西萍乡、四川南桐、河南平顶山和安徽淮南的研究表明,III类和IV类构造煤的 K 值都远远超过了《细则》规定的临界值。潘三矿 K 值计算结果表明,构造软煤的 K 值也都超过了临界值。因此,可以认为, K 值在瓦斯突出区域预测中的意义不十分明显。更为重要的是,它也没有考虑到构造煤发育程度,即构造煤的厚度。对潘三矿的 13 次突出的观测和分析表明,潘三矿发生过突出的点多分布在构造软煤厚度 > 0.90 m 的区域。因此,本文提出用构造软煤厚度 H 代替 K 值,以构造软煤厚度作为突出区域预测的瓦斯地质指标。根据淮南矿区以往突出资料的分析,我们把瓦斯压力 $P > 0.74$ MPa,构造软煤厚度 $H > 0.90$ m 作为突出危险区的预测指标。

3 GIS 平台的构建和数据可视化

本系统借助于 GIS 组织和管理与瓦斯预测有关的各类数据,建立数学模型,进行瓦斯突出区域的预测预报。拟采用以下技术路线,如图 1 所示。

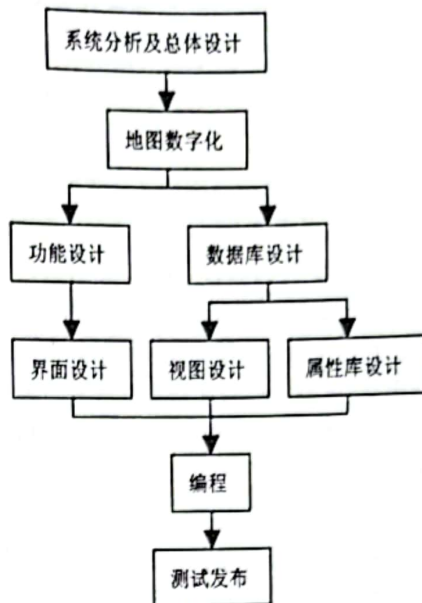


图 1 瓦斯预测信息管理系统技术路线图

Fig.1 The technical line of managing information system for gas prediction

3.1 系统分析及总体设计

软件以 ESRI(美国环境系统研究所)的 ArcView 为基础地理信息平台。ArcView 简单易学、界面友好,支持多类型数据和多种数据库,提供了 Avenue 二次开发工具。它的可扩展的软件结构可以开发出一系列“插件”式的模块,利用这些模块进行组合可以显著地扩展 ArcView 的功能^[4]。

虽然 ArcView 功能强大,但把它用于瓦斯预测实践中时,要对其作一些改进和定制。在本系统中,首先要对大量数据进行复杂的计算,然后将其表示成图形,并对图形进行分析计算绘制出瓦斯突出危险带。对大量数据作复杂计算,这并不是 ArcView 所擅长的。为此在本系统中,首先利用 Visual C++ 将拟合运算编制成动态链接库,然后链入 ArcView,并将各步骤设计成黑箱操作,使用者不需知道内部过程,只需按顺序给出各项参数即可。

3.2 图形数据预处理和地图数字化

本系统采取的基本图件是采掘工程平面图,它包括煤层底板等高线图。首先选取色调分明、线画实在而不膨胀的采掘工程平面图,然后清理图面,如修净污点,连好线画上的断头等。第 2 步,扫描图件,完成栅格数据到矢量数据的转化。将扫描后的图件调入 AutoCAD,进行图件的矢量化,CAD 矢量图可由 ArcView 直接读取^[5]。

3.3 属性数据库的设计

在本系统中,用到的数据表比较多。钻孔基本信息表主要存储施工钻孔的编号、所属剖面号、钻孔

类别、开孔坐标、终孔坐标、钻孔设计参数、施工质量、钻探等基本信息。钻孔地质数据表用于存储钻孔揭露的地层、岩层、煤层等地质数据。钻孔弯曲测量表和钻孔标志层表分别存储钻孔测斜和钻孔所揭露的标志层的相应数据。构造软煤数据表存储构造煤数据点位置、厚度、构造煤厚度百分比等数据。断层数据表存储断层的名称、性质、产状及标注等信息。瓦斯突出点数据表存储历年突出卡片记录的相关信息。瓦斯含量(压力)、构造复杂系数数据表存储瓦斯含量(压力)、构造复杂系数数据点及相关信息值。煤层段数据表则存储煤层段分层厚度、位置等数据。

3.4 视图设计

视图是一种交互式地图,具备对地理数据的创建、管理、显示、查询和分析等功能。ArcView 通过视图这一形式,可以有效地表达空间数据。ArcView 通过主题来组织视图,主题又分为点、线、面 3 种类型。为此,在视图设计中,我们将突出区域预测中涉及的空间实体抽象为点、线、面对象。**a.** 将开拓工程(主井、副井、研石井、风井)位置、钻孔孔口位置、钻孔见煤点位置、瓦斯突出点位置、煤层厚度数据点、构造煤层厚度数据点、构造煤层厚度百分比数据点、构造复杂系数数据点、岩层段厚度数据点等作为点对象。**b.** 线对象包括勘探线、断层断煤交线、煤层底板等高线、构造软煤厚度和瓦斯含量(压力)等值线等各种等值线、井田边界线、坐标格网线、煤层露头线、巷道工程等。**c.** 多边形对象包括煤层风化带、工作面区域、井田范围、矿井突出区、工作面突出带和断层区域等。

3.5 功能设置

瓦斯预测信息管理系统是基于瓦斯地质理论预测瓦斯的成果,着眼于运用现代化手段提高工作效率和管理水平,对瓦斯预测进行信息化管理,设定如下目标:

a. 提供矿用矢量图形系统,可生成采掘工程平面图,瓦斯含量等值线图,瓦斯压力等值线图,瓦斯地质图等重要图件,并能实现这些图形的快速更新、查询、打印等功能。

b. 客户端数据的输入模块。可以很方便地实现空间几何数据和空间属性数据的添加。

c. 等值线的生成、标注、查询和显示模块。利用实测数据,在分析综合的基础上完成构造软煤等厚线图、瓦斯含量等值线图和瓦斯压力等值线图。

d. 视图主题的平移、放大、缩小和漫游等功能。

e. 查询功能的设计与实现。本系统可以实现由图形查询属性,以及属性查询图形的功能。

f. 空间分析功能。通过各实测数据的输入,比较准确地预测出瓦斯突出危险区。

g. 专题图的生成和输出功能。轻易地输出瓦斯预测专题图。

4 系统建设中的关键技术及实现

系统开发中的关键技术和主要难点有:复杂运算的实现、等值线的生成、多边形的叠加分析和缓冲分析等。

4.1 复杂运算的实现

ArcView 并不擅长大量数据的复杂运算,对于复杂的计算,本系统借助于动态链接库来实现。动态链接库(dynamic-link library 简称 DLL),是其他应用程序为完成一些任务而调用的包含特定功能函数的一个可执行模块^[6-8]。ArcView 的二次开发语言 Avenue 可以实现动态链接库的调用。具体实现步骤如下:首先利用 Visual C++ 新建一个项目 mydll,在此项目中,编写一个函数 Fun,此函数能够实现大量数据的复杂计算;然后编译连接,导出动态链接库文件 mydll.dll;最后利用 ArcView 二次开发语言 Avenue 创建脚本,调用 Fun 函数。实现代码如下:

```
aDll = dll.make ("d:\ls\mydll.dll".asfilename)
DllMyDllProc = DllProc.Make (aDll, "Fun", # DLL
PROC_TYPE_INT32, { # DLLPROC_TYPE_INT32})
dll.SetRefresh (true)
InPutNumber = MsgBox.Input ("请输入预测参数", "瓦斯预测", "")
ReturnNumber = DllMyDllProc.call ({InPutNumber.asNumber.floor})
MsgBox.info ("结果是:" + ReturnNumber.asstring, "计算结果")
```

4.2 等值线的生成

根据潘三矿各个钻孔的测井曲线判别获得各钻孔构造软煤厚度;继而由各个钻孔点的构造软煤厚度值生成点状主题;然后利用 ArcView 的 Contours 工具生成构造软煤等值线图;再由现场实验测得的各个点的瓦斯压力值生成瓦斯压力等值线图。

4.3 多边形叠加分析

多边形叠加是将两个或多个多边形图层进行叠加后产生一个新多边形图层的操作。其结果将原来多边形要素分割成新要素,新要素综合了原来两层或多层的属性。

综合分析潘三矿的瓦斯含量分布特征、瓦斯压力特征、构造煤厚度特征、构造系数特征、煤层埋藏

深度和瓦斯突出点分布特征等因素后得出结论:影响三矿煤与瓦斯突出的主要因素是瓦斯压力和构造煤厚度。所以,突出危险区和突出威胁区主要依靠构造煤厚度和瓦斯压力分布两个参数来确定。判别规则是:a. 瓦斯压力小于 0.74 MPa 的区域为非突出区;瓦斯压力大于 0.74 MPa,但构造煤厚度小于 0.9 m 的,同时没有瓦斯突出点分布的区域为突出威胁区;b. 瓦斯压力大于 0.74 MPa,同时构造煤厚度大于 0.9 m 的区域为突出危险区。如图 2~4 所示。

4.4 缓冲分析

缓冲分析主要用于某种因素的影响范围。分析时,根据某个瓦斯地质预测因子在瓦斯预测中的权重(即该因素在瓦斯预测过程中的影响程度),来设定合适的缓冲区距离。权重大,即在瓦斯突出过程中所起的影响作用大,可以将缓冲距离设置偏大。例如:由瓦斯地质理论可知,断层对于煤层瓦斯赋存和构造煤的发育都有重要影响,在确定某一断层对瓦斯突出的影响范围时,可利用本系统的缓冲分析功能,依据断层断距的大小来确定缓冲区域,如图 5 所示。

5 结论

a. 运用瓦斯地质理论的方法和技术,找出了瓦斯突出区域预测指标,开辟了煤与瓦斯突出区域预测的新途径。该项指标可以在各个矿区广泛应用。

b. 将 GIS 技术引入到瓦斯突出区域预测中,并建立相应的瓦斯预测信息管理系统,为瓦斯突出区域预测提供了集成的数据环境和可视化的分析平台。这有利于多源信息的复合和多源数据的无缝连接,并能实现区域预测与管理决策的一体化,使瓦斯突出区域预测向多因素、多目标和动态方向发展,提高区域预测的准确性及决策科学性。

参考文献

- [1] 于不凡,王佑安.煤与瓦斯灾害防治及利用技术手册[M].北京:煤炭工业出版社,2000:459-469.
- [2] 中华人民共和国煤炭工业部.防治煤与瓦斯突出细则[M].北京:煤炭工业出版社,1995:15-20.
- [3] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室.瓦斯地质概论[M].北京:煤炭工业出版社,1990:231-237.
- [4] 汤国安,陈正江,杜牡丹等.ArcView 地理信息系统空间分析方法[M].北京:科学出版社,2002:1-15.
- [5] 吴信才.地理信息系统原理与方法[M].北京:电子工业出版社,2002:58-63.

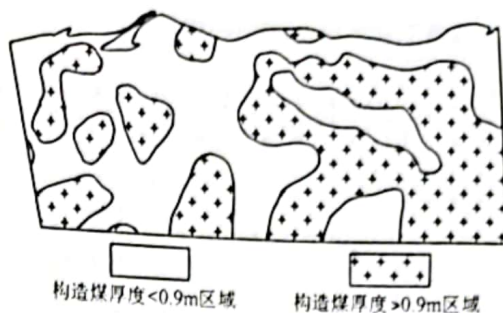


图 2 构造煤厚度大于 0.9 m 的多边形区域

Fig.2 The polygon areas of tectonic coal depth > 0.9 m

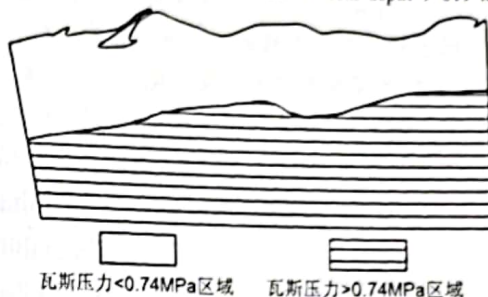


图 3 瓦斯压力大于 0.74 MPa 的多边形区域

Fig.3 The polygon areas of gas pressure > 0.74 MPa

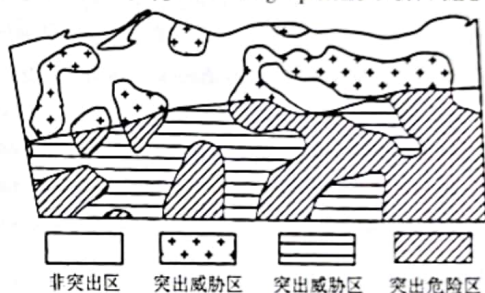


图 4 瓦斯突出危险性分区

Fig.4 The danger areas of gas outburst



图 5 断层影响区域分析

Fig.5 The analysis of fault influence area

- [6] Li Xingdong, Ren Dawei, Sun Youxia. Manage information system in coal mine based on GIS[C]. Proceeding of IE&EM'2003: 2003 International Conference of Industrial Engineering and Engineering Management; Dec. 6-8, 2003: 1-3.
- [7] 刘 盛. Visual C++ 开发技巧及实例剖析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999: 311-333.
- [8] 樊 红, 翟建军. ArcView GIS 应用与开发技术[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 215-231.