

文章编号:1001-1986(2000) 01-0025-03

量化评价指标的自动统计算法研究

夏玉成 (西安科技学院地质系, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了使矿井构造量化预测技术在更多的矿井中推广应用, 探讨了评价单元自动剖分、信息提取与存储、评价指标量化等矿井构造量化预测全程自动化实现技术的主要算法。

关键词: 矿井构造; 量化评价指标; 自动化; 统计

中图分类号: P618.1 **文献标识码:** A

1 研究背景

矿井构造是制约我国大部分煤矿煤炭生产的最重要因素之一, 查明矿井地质构造是使煤炭企业实现现代化的基本保证和首要环节^[1]。从 80 年代开始, 随着新理论、新方法以及计算机技术在矿井构造研究中的应用, 矿井构造研究打破了传统的规律分析法, 进入了定性研究与定量评价预测相结合的新时期。经过 20 年的不懈努力, 已经形成具有中国特色的矿井构造量化预测技术。这项技术借助数学理论和计算机方法, 从分析井田各种直接或间接地反映构造复杂程度的指标及其相互关系入手, 以等性单元为基本单位, 以综合评判为主要手段, 对矿井不同地段构造相对复杂程度进行分级预测。在四川、山西、陕西的一些煤矿应用, 取得了较好效果^[2,3]。

但迄今为止, 矿井构造量化预测方法未能得到广泛使用。其原因固然是多方面的, 但在进行矿井构造量化预测之前, 必须先进行单元剖分、单元几何信息的记录、单元评价指标的统计、计算、预测等一系列准备工作, 为矿井构造定量预测程序提供原始数据。这项工作极为烦琐, 要耗费大量的人力、精力, 而且容易出现错误。在当前煤矿地质人员严重不足的情况下, 这可能是矿井构造量化预测技术不能在煤炭生产中发挥应有作用的重要原因之一。

经过课题组两年的努力, 目前已经开发完成相应的多媒体软件, 成功地解决了制约矿井构造量化预测的“瓶颈”问题。

2 基本原理

2.1 评价单元的自动剖分

评价单元自动剖分是指将研究区划分为有限个等性单元, 并自动记录各单元的几何参数。在手工操

作时, 单元剖分是在主采煤层底板等高线图或采掘工程平面图上按一定线距画出两组正交直线, 将研究区分成若干个正方形网格。每一个网格既是评价指标数据的采集点, 又是区内构造复杂程度评价的最小单位。因此, 剖分单元时应能满足以下要求:

a. 两组网格线应分别与区内主要构造线或煤层的总体走向或倾向平行;

b. 构造复杂程度相同的块段可以划分为不同的单元, 但构造复杂程度明显不同的块段不能划入同一单元, 必要时, 可以划分一些不规则单元;

c. 单元大小应能灵活取值, 以满足不同的需要, 并具有局部放大功能。

2.2 指标统计所需原始资料的组织

矿井构造量化评价指标自动统计所需原始数据可以直接从矿井地质数据库中提取。在目前尚未建立矿井地质数据库的煤矿, 可以先建立主要为指标统计提供原始资料的数据库, 并可以在以后工作中将其逐步扩充完善为矿井地质数据库, 达到一库多用的目的。根据矿井构造特点, 可分别建立钻孔数据库、断层数据库及褶皱数据库。钻孔数据库中应包括所有关于煤系、煤层本身地质特征及其赋存形态的数据; 断层及褶皱数据库应能提供构造的空间位置参数(如起点、拐点、终点坐标及产状)和性质描述。

2.3 评价指标数据的统计 计算 预测

根据评价指标的取值特点, 可将其分为 3 类, 即单变量指标、多变量指标和灰变量指标。根据指标类型, 可分别采取不同的方法以获得它们的数值。

单变量指标是某个观测变量或断层的某一特征。例如, 煤系厚度、煤层底板标高、断层长度等。对这样的指标可直接从钻孔数据库或断层数据库中统计取值。

收稿日期: 2000-02-22

基金项目: 煤炭科学基金项目(97 地 10406) 成果

作者简介: 夏玉成(1957—), 男, 甘肃武威人, 西安科技学院教授, 硕士, 主要从事构造地质与数学地质教学和科研工作。

多变量指标是由多个基础变量构成的复合变量,需要从钻孔数据库或断层数据库中提取出基础数据,然后代入一定的数学模型计算出指标值。例如,断层强度、煤层厚度异常等。

有些根据开采地质资料建立的指标,例如断层类指标,在未采区因无基础数据,或者基础数据不全,因而不能直接统计或计算出指标数据,这类指标称为灰变量指标。对灰变量指标,可利用已知数据建立拟时间数据序列,选用自组织建模或灰色动态模型,预测出评价单元的灰变量指标值。

在单元部分完成后,单元与钻孔的关系可能有不同的情况,单元内或者没有任何钻孔点,或者钻孔点在一个以上。在前一种情况下,可以单元中心为圆心,以适当长度为搜索半径。查找出在搜索范围内的钻孔号;当单元内或搜索范围内的钻孔点在一个以上时,应该从钻孔数据库中提取出相应的记录,先统计或计算出各点的指标数据,再用加权平均法计算该指标在单元中心的取值。

3 主要算法

3.1 评价单元自动剖分

单元剖分网络自动生成模块的主要步骤如下:

3.1.1 角度换算

首先将区域主要构造线的方位角 β 转换为与屏幕坐标系 X 轴的夹角 α 再换算为弧度,即:

$$\alpha = 90^\circ - \beta$$

$$\theta = \alpha \times \pi / 180.$$

3.1.2 画第一组网格线

$$y(x) = x \times \tan(\theta) + b,$$

式中 θ ——决定网格线的方向;

b ——控制单元的大小。

3.1.3 画第二组网格线

$$y(x) = x \times \tan(\theta + \pi/2) + b.$$

先画出第二组网格线的第 1 条线,然后找第 1 条网格线与第一组网格线的第一个交点,计算出其左上角单元的中心点坐标;由该中心点沿剖分线方向依次向上搜索,直到接近剖分区域的边界;以最上面一个单元的中心点为起点,沿剖分线方向依次向下搜索有效单元并记录其几何信息。依此方法,画出第二组网格线的其它线条,同时记录剖分结果。

3.1.4 记录边界有效单元几何信息

根据第二组网格线中最后一条剖分线与第一组网格线的交点计算该交点右上角单元的中心点坐标,然后由该中心点坐标沿剖分线方向依次向上搜索,直到超出剖分区域范围;再以最上面一个单元的

中心点为起点,沿剖分线方向依次向下搜索并记录有效单元的几何信息。

3.2 信息提取与存储

单元几何信息主要包括单元 4 个角点的坐标和单元中点的坐标,即单元的定位要素,以记录类型变量写入随机数据文件。

研究区评价单元剖分完成后,下一步工作是逐个单元地计算其各个评价指标的数值,即单元地质信息。为此,需要提取落在指定单元内的资料点及线性构造形迹的原始地质资料。将单元比作窗口,上述过程可称为窗口处理。

窗口处理包括点处理与线处理。点处理是指搜索落在某单元内的钻孔资料点,其算法实质上是判断一个点与一个多边形的关系,即该点在多边形的内部还是在多边形的外部,可应用计算机图形学与多媒体编程方法来实现^[1]。但如果某单元内搜索到的钻孔数目少于 2 个,且分布无代表性时,可以单元中心为圆心,以适当长度为半径定义搜索区域,落在该圆内的钻孔可以参加该单元评价指标的计算。

线处理是用来判断一条断层或一个褶皱,即线性构造是否落入指定单元。借鉴计算机图形学中的裁剪算法可以解决这一问题,作者将另文介绍。

找到单元或搜索区域内的资料点和构造线编号后,直接提取有关数据便可统计或计算出评价指标在单元内的具体数值。但原始地质资料存放于地质数据库中,为了从中读取数据,供指标计算使用,需要事先将钻孔数据库文件、褶皱数据库文件和断层数据库文件分别转化为随机文本文件。在提取数据时,只要知道记录号,便可立即找到相应数据。同样,为了方便查询,计算出单元地质信息后也以记录类型变量写入随机数据文件。这样组织的数据结构存取灵活,可以节省系统存取数据的时间,提高系统运行效率。

3.3 评价指标量化

3.3.1 单变量评价指标的统计及加权平均算法

如煤层厚度、煤系厚度、煤层结构、岩石组合类型参数等单变量指标都可以从钻孔数据中直接统计得到观测值。但指定单元内的钻孔数据并不一定代表该单元的指标值。此外,指定单元内无钻孔时,需扩大搜索范围,用其周围的钻孔数据对该单元的指标值进行预测。对上述两种情况,可以统一采用加权平均法处理。

假设 r 为搜索圆的半径, x_i 为第 i 个钻孔与单元中心的距离, (图 1) tq_i 为第 i 个钻孔的权值,则:

$$tq_i = (r - x_i) / r.$$

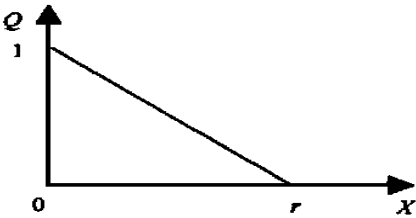


图 1 加权平均示意图

在实际加权平均计算中, 权值需要经过归一化处理:

$$q_i = tq_i / \sum_{i=1}^m tq_i$$

式中 m —— 搜索圆内钻孔的个数。

3.3.2 复变量评价指标的计算

复变量指标无法直接从原始数据中统计得到, 而要用基础数据通过一定的数学方法计算求得。举例说明如下:

3.3.2.1 煤层最大视倾角

单元内煤层最大视倾角(β) 定义为该单元内各钻孔点煤层视倾角中的最大值:

$$\beta = \max \{ \alpha_i, i = 1, 2, \dots, m \}.$$

钻孔点煤层视倾角(α) 定义为钻孔煤层底板标高与该单元中心煤层底板标高(通过对该单元内所有钻孔的煤层底板标高的加权平均求得) 之差(h) 和该钻孔距单元中点的水平距离(d) 的商的反正切函数, 即:

$$\alpha = \tan^{-1}(h/d),$$

其中 $h = |z_i - z_k|;$

$$d = \sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2}.$$

3.3.2.2 断裂分维计算

断裂分维是断层数量、规模、组合形式、水平延伸长度以及分布不均匀性的综合体现, 是一个较好的断裂构造复杂程度评价指标。采用网格覆盖法测定单元断裂相似维 D_s 的算法是: 将单元各边一分为二, 划分为 4 个边长为单元边长(记为 R) $1/2$ 的正方形格子, 数出有断层进入的格子数目 $N(R/2)$; 然后, 将每一个边长为单元边长二分之一的正方形格子再分别细分成边长为单元边长四分之一的正方形格子, 分别统计出有断层进入的格子数目 $N(R/4)$, ……依次类推, 即按 $1/2$ 的倍率改变正方形格子的边长, 并数出相应的格子数 $N(r)$ 。如果研究区内断层系具有自相似结构, 则有如下关系:

$$\ln N(r) = A + B \ln(r).$$

应用最小二乘法或一元线性回归分析法, 即可求出该直线的斜率和直线方程的相关系数及标准

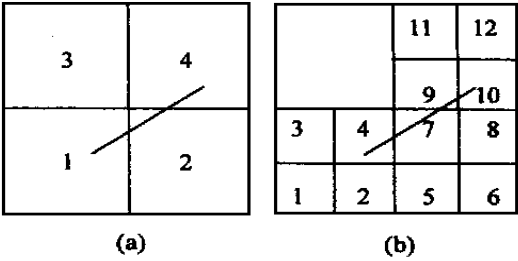


图 2 网格覆盖法计算断裂分维示意图

差, 直线斜率的绝对值即为研究区断层迹线的相似维, 即: $D_s = |B|$ 。

用计算机自动完成上述操作, 关键在于如何记录逐步缩小的网格几何数据以及如何让计算机判断某网格是否有断层进入。

如图 2 中 a 图所示(仅表示一条断层), 将该单元 4 分(即缩小一次网格尺寸) 后, 依次将网格 1、2、3、4 的角点坐标用记录类型变量写入 TEMP1.TXT 随机数据文件; 经判断, 1、2、4 网格有断层进入, 则将 1、2、4 网格坐标依次写入随机数据文件 TEMP2.TXT, 这时 TEMP2.TXT 中有 3 条记录。然后依次读取 TEMP2.TXT 中的 3 条记录并进行如前所述的 4 分, 4 分后的结果如图 3 中 b 图所示, 并将网格 1、2、……、12 的几何坐标依次写入 TEMP1.TXT。如此反复进行 5 次, 每次记录有断层进入的网格数, 最后利用回归分析求出分维值。

3.3.3 灰变量评价指标预测

如断层条数、断层长度、断层密度、断层强度等构造指标, 在未采区既不能像已采区那样直接统计或计算出来, 也不能用加权平均法进行预测。对这类指标值, 采用带残差校正的 GM(1, 1) 模型进行预测。预测流程如图 3。灰色建模预测必须建立在拟时间数据序列的基础上。为此, 待预测单元要与已采区相邻, 且在已采区要有 4 个或 4 个以上的单元与待预测单元在一条直线上。

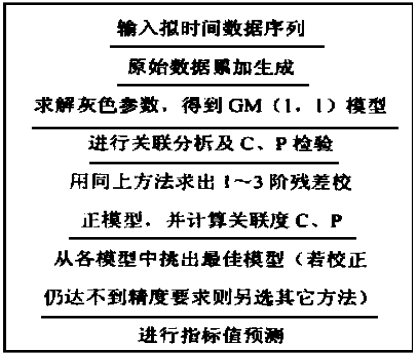


图 3 灰色建模预测 N-S 结构图

文章编号:1001-1986(2000) 01-0028-03

构造煤特征及其与二氧化碳突出的地质分析

郭斌武 (甘肃窑街矿务局三矿,甘肃 兰州 730080)

摘要:根据窑街三矿皮带斜井矿井地质工作实践,研究了该斜井构造煤结构特征,并阐述了其与二氧化碳突出机理的关系。地质构造、煤体结构及煤厚变化是二氧化碳突出的三项重要因素和必要条件。根据构造煤的分布规律和厚度变化可以对三矿二氧化碳突出危险区进行预测。

关键词:构造煤;二氧化碳;突出;预测

中图分类号:P618.11 TD713.1 **文献标识码:**A

1 引言

从地质角度研究煤和二氧化碳突出的机理,在窑街矿务局三矿近来受到越来越多的重视。

二氧化碳和其它瓦斯一样是赋存在煤和围岩中的一种气态物质(有时以固态和液态形式赋存),它的形成、保存、运移和富集与地质条件有着密切的关系。同一矿井同一采区不同地段因地质条件的差异,二氧化碳及其突出的分布是不均衡的。二氧化碳突出需要具备良好的圈闭条件和一定的围岩地质条

件,二者既有联系,又有区别,但又缺一不可。良好的保存条件是一氧化碳突出和重要物质积存的基础,一定围岩地质条件的作用是形成突出的条件和诱发突出的主要因素。

在分析二氧化碳突出的地质条件时,煤层结构特征的研究是一项重要内容。根据调查,发生突出地点的煤层都有煤质松软、层理紊乱等特点,其破坏类型均在Ⅲ类煤以上。这种特殊结构的煤,人们俗称软分层。在三矿对皮带斜井五采区北部的煤层来讲,煤质变软时尤其要高度重视。

收稿日期:2000-03-21

作者简介:郭斌武(1966—),男,甘肃通渭县人,甘肃窑街煤电有限责任公司三矿工程师,主要从事煤炭矿井生产技术工作。

4 技术要点

a. 在单元剖分模块中,应用色彩识别技术。某一点是否在研究区内?两组网格线在何处相交?均可通过象素点的颜色进行判断。这样算法避免了复杂的数学计算,使程序运行效率大大提高。

b. 采用可视化程序设计,井田范围、坐标网、已采区边界以及单元剖分结果一目了然,必要时可使钻探工程、井巷工程、地质构造等同时显示在屏幕上,以使用户在单元剖分或信息查询时准确定位。

c. 为了方便数据的存取,加快程序运行速度,单元几何信息和单元地质信息均定义为复合变量类型,用随机文件存储。

d. 用户使用鼠标在单元剖分图上点击感兴趣

的区域,系统会自动显示出鼠标所在单元的几何信息,并放大显示出该单元的边界线、单元内及附近的钻孔、断层等及其编号,还可以弹出该单元各评价指标数据卡片。

参考文献

- [1] 曹代勇,穆宣社,傅正辉等.为现代化矿井建设服务的地质构造定量研究技术[A].中国煤炭、地质学会煤田地质、矿井地质专业委员会编.世纪之交煤矿地质学术论文集[C].西安:西安地图出版社,1999.147~151.
- [2] 徐凤银,龙荣生,夏玉成等.矿井地质构造定量评价及其预测[J].煤炭学报,1991,16(4):93~101.
- [3] 夏玉成,胡明星,陈练武.矿井构造的GMDH-BP评价预测方法及其应用[J].煤炭学报,1997,22(5):466~470.
- [4] 孙家广,杨长贵.计算机图形学[M].北京:清华大学出版社,1994.199~206.

Research on automatic statistical method of quantitative assessment index

XIA Yu-cheng (Geology Department, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, 710054, China)

Abstract:The automation technique of quantitative prediction of mine structure, such as automatic dissection of assessment units, access of information, digitizing of assessment indexes, are introduced to easily use the method of quantitative prediction of mine structure in more coal mines

Key words:mine structure; quantitative assessment index; automation; statistics