矿井构造量化预测技术的研究进展

夏玉成
(西安科技学院地质与环境工程系 ,西安　710054)

[摘　要]探讨了矿井构造量化预测的概念及其研究意义、主要预测方法的改进与发展、评价指标体系构成与量化方法 ,以及矿井构造量化预测全程自动化实现技术等问题 ,指出矿井构造量化预测技术的发展方向是 GIS 与 MSPS 的有机结合。

[关键词]矿井构造　量化预测　评价指标　自动统计
[中图分类号]TD163　[文献标识码]A　[文章编号]0495 - 5331(2001)03 - 0061 - 03

矿井构造量化预测是借助数学理论和计算机技术 ,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的预测方法。

矿井构造复杂程度是制约大部分煤矿煤炭生产的最重要因素之一 ,它不仅决定煤矿的井型设计、开拓方式和采煤机械的选择 ,而且常常与井下地质灾害有密切联系。所以 ,矿井构造量化预测受到世界主要产煤国家的高度重视。中国是一个煤炭大国 ,同时中国又是世界上地质构造比较复杂的地区之一。矿井构造量化预测技术的研究与发展 ,对我国煤炭工业走高产高效的现代化之路尤其重要。

1　主要预测方法

矿井构造量化预测工作始于 20 世纪 70 年代末—80 年代初期。在国外 ,以原西德采矿和地质人员于 80 年代初期提出的构造指数法[1]为代表 ;在国内比较有代表性的是詹才高等人 (1985) 提出的“等性块段法”。这类方法实质上仍属于定性或半定量的方法 ,评价精度有限[2]。

进入 90 年代以后 ,矿井构造量化预测取得了多方面的突破。徐凤银等 (1991) 首次应用模糊综合评判法研究矿井构造的相对复杂程度[3] ,同时 ,在评价指标的设计上 ,不少人做了大量工作 ,提出了许多反映矿井构造复杂程度的指标 ,并采用统计方法从原始数据计算各个评价指标数据。夏玉成等 (1991) 将灰色关联分析方法引入模糊综合评判 ,用经过归一化处理的关联度代替模糊综合评判中的因素权重 ,从而实现了权重集的自动赋值及模糊综合评判过程的计算机化[4]。

在矿井构造复杂程度量化预测中 ,模糊综合评判法虽然能在一定程度上弥补以往方法的缺陷 ,但在构造隶属函数时 ,仍然要求数据服从一定的分布 ,而且构造隶属函数是一件十分复杂又难以准确完成的工作 ,往往带有较大的人为性。此外 ,在对未采区评价指标进行预测时 ,灰色建模预测方法和拓扑预测方法对指数分布的数据预测效果较好 ,对波动大的数据预测精度不能满足要求 ;用灰色代数方法进行预测时 ,涉及到高阶矩阵 ,容易产生病态矩阵。相比之下 ,在预测方法中以人工神经网络 ,非线性动力学反演和自组织建模技术等方法为最优。但单独用人工神经网络或非线性动力学反演方法进行预测时 ,需要较长的时间数据系列 ,才能训练出系统本身的内在特征 ,不适合对较短数据序列的预测。针对上述问题 ,夏玉成等 (1997) 将自组织建模技术与人工神经网络方法相结合 ,进行指标预测及矿井构造量化预测。用自组织建模技术预测未采区的某些评价指标时 ,不需要事先假定回归方程的形式和阶数 ,而是由方法本身根据某些判据自动确定。用人工神经网络进行矿井构造量化预测 ,可以摆脱对数据的限制 ,免除构造隶属函数之苦 ,只需输入评价指标数据和期望输出值 ,计算机便会通过自学习过程 ,自动生成评价模型[5]。

2　评价指标体系

2.1　指标体系的构成

矿井构造定量评价指标体系是表征矿井构造相对复杂程度的指标集合 ,经过国内外许多学者的不断补充、完善 ,目前主要由以下几类指标构成 :

[收稿日期]2000 - 03 - 17 ;[修定日期]2000 - 05 - 18 ;[责任编辑]余大良。
[基金项目]煤炭科学基金项目(97 地 10406) 。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

第一类:地质构造指标,如断层强度、剖面褶皱幅度、平面褶皱强度、节理密度、煤层结构构造破坏程度等;

第二类:构造应力场及变形物质力学性质指标,如单元应力、应变、煤层与其顶底板岩性组合参数、强岩层影响系数等;

第三类:对采矿影响程度指标,如断层走向影响系数、褶皱影响系数等;

第四类:经济技术指标,如构造损失系数等[3]。

由于不同地区的矿井构造各具特色,所以在具体的研究区,应紧密结合矿井实际,选取那些能从不同侧面直接或间接地反映本区构造特点,并能充分利用勘探及开采资料,同时又便于统计的评价指标。在全面考虑各种因素的基础上,首先通过定性分析,排除作用不显著的指标,然后应用统计或数学方法,如逐步回归分析、逐步判别分析、灰色关联分析等,对指标进行第二次筛选。

2.2 指标类型及取值

根据评价指标的取值特点,可将其分为三类,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。

单变量指标是指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。

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,然后带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。

在矿井构造量化预测中,指标数据是以单元为单位统计的。在单元剖分完成后,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 指标自动量化

矿井构造量化预测无论采用何种数学模型,都要求提前做好基本单元剖分,单元几何信息的记录,单元地质指标数据的统计、计算、预测、存储等一系列准备工作,为矿井构造量化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,更是难以开展此项工作。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。为了能使矿井构造量化预测方法真正在高产高效矿井建设中发挥应有作用,以量化评价的指标自动统计与存贮技术为突破口,实现矿井构造量化预测的全程自动化势在必行。在这一领域,目前国内外比较关注的地质构造的三维可视化技术和 GIS 技术将会大有作为。

1997 年,澳大利亚的 Leblanc Smith G 和 Caris C 根据 Trap Gully 矿区和 Appin Colliery 地下煤矿的资料,利用多媒体虚拟现实技术建成"虚拟采矿"系统,其与采矿和勘查专业软件包相结合,能快速生成各种参考信息和实时显示真三维(四维)空间关系的各种图件[6]。加拿大阿波罗公司开发出的矿山开发与生产管理的配套专业软件系统,可对矿山开采信息即时处理,并以三维可视化图像显示。但由于地质构造三维问题的复杂性和矿井基础数据的不完备性,截至目前,已提出的三维地质模型尚不能完全符合矿井构造实际。所以,将三维地质模型可视化技术实际用于矿井构造量化预测还有相当长的距离[7]。

GIS 用于矿山(井)地质工作已取得许多重要成果,例如煤科院西安分院开发的 CMGIS、日本 Osaka City 大学开发的基于 GIS 和 RDBMS(相关数据基础管理系统)的资源勘查分析系统等。然而,目前基于 GIS 的矿山(井)地质信息系统,虽然具有很强的自动制图功能,但其矿井构造量化预测能力却十分薄弱。

原煤炭部煤炭科学基金委员会于 1997 年把"矿井构造定量评价指标的自动统计与存储技术"列入最后一批资助计划。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,并与此前完成的矿井构造复杂程度人工神经网络预测模块集成,构成矿井构造量化预测系统软件 MSPS,其总体流程及主要功能如图 1 所示。该系统采用 Windows 风格的向导式界面,可使未经过计算机专门训练的矿井地

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

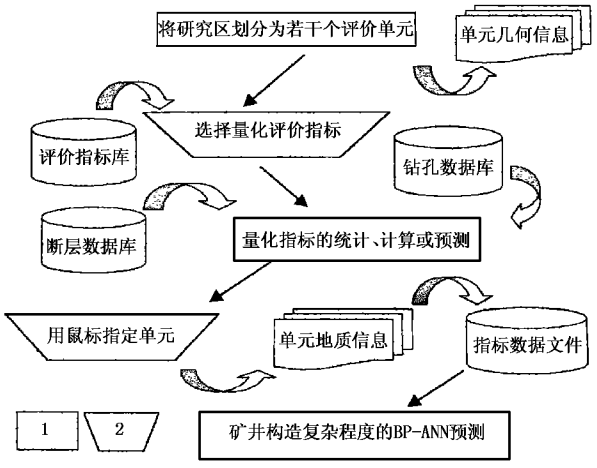

图 1　矿井构造量化预测系统示意图

1 —自动;2 —人工

质人员很容易掌握其使用方法。

4　研究发展方向

矿井构造量化预测技术的研究,在我国已经形成一定的特色,取得了许多成功的经验。然而,这是一项难度极大的研究课题,前面还有很长的路要走。今后矿井构造量化预测研究的重点应放在以下两个方面:

1) 加强地质构造基础理论研究,通过相似材料模拟和计算机数字模拟,查明煤层断裂的关键控制因素及其控制机理,筛选出少而精的评价指标,特别是不依赖开采地质资料的指标,以进一步提高矿井构造量化预测技术的可行性和可靠性。

2) 将 MSPS 等专用处理模块与 GIS 有机结合起来,充分利用 GIS 基础平台的二次开发功能,构建集原始数据库、评价指标库、数据处理、量化预测、图形绘制、报告编制等于一体的多功能交互式矿井地质信息系统。

[参考文献]

[1] 赵明鹏. 构造解析法在矿井地质构造预测中的应用[J]. 阜新矿业学院学报,1991,(3):68～71.

[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] 徐凤银,魏铭康. 矿井构造评价与预测理论、方法、及其应用[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1993,55～69.

[4] 夏玉成,徐凤银. 灰色关联分析在模糊综合评判中的应用[J]. 西安矿业学院学报,1991,11(1):44～50.

[5] 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.

[6] 陈建平. 矿产资源勘查与评价学科发展动态[J]. 地质科技情报,1999,18(3):47～49.

[7] 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[C]. 见: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. 西安:西安地图出版社,1999,147～151.

ADVANCE OF QUANTITATIVE PREDICTION METHOD OF MINE STRUCTURE

XIA Yu - cheng

Abstract: The concept and significance of quantitative prediction of mine structure are introduced. The advance of prediction methods and its evaluate index are briefed. It is concluded that the organic unity of GIS and MSPS is the orientation of development in quantitative prediction of mine structure.

Key words: mine structure, quantitative prediction, evaluation index, automatic statistics

[作者简介]

夏玉成(1957 年 -),男,1982 年大学毕业于西安矿业学院地质系,1985 年获西安矿业学院地质系硕士学位,现任西安科技学院地质系教授,地质工程学科带头人,主要从事构造地质及计算机应用方面的教学与科研工作。

通讯地址:西安市雁塔路 58 号　西安科技学院地质与环境工程系　邮政编码:710054

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net