基于MAPGIS的断层分形研究

王　坤[1]　陈练武[1]　陈粤强[1]　朱　亮[2]
（1.西安科技大学地质与环境工程系，陕西 西安 710054；2.中国石油大学 地球资源及信息学院，山东 东营 257061）

摘　要:本文以东坡矿区已揭露断层为研究对象，利用分形理论将断层研究定量化。通过MAPGIS空间分析功能，计算出东坡矿区已揭露断层具有自相似性，其分维值为1.1690。其中利用MAPGIS软件进行分形研究具有一定的普遍适用性，可以起到抛砖引玉的作用

关键词：断层；分形理论；自相似性；MAPGIS

Study on Fractal of Fault Based on MAPGIS

WANG Kun[1],CHEN Lian-wu[1],CHEN Yue-qiang[1],ZHU Liang[2]
(1.Department of Geology and Environment Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054,China;
2. Department of Earth Resources and Information, University of Petroleum China, Dongying, Shandong 257062,China)

Abstract :The paper researched uncovered faults of Dongpo mining area as a subject and utilized fractal theory to put fault research quantification. By the spatial analysis of MAPGIS, we can calculate that the uncovered faults of Dongpo mining area have self-similarity and the fractal dimension is 1.1690. It is universal to use MAPGIS software to be on fractal research. Furthermore, it makes the actions of use the little to get the big.

Key words: fault;fractal theory;self-similarity;MAPGIS

断层作为自然界中的一种非常普遍而复杂的地质现象，传统的方法只能对其进行定性的研究，而分形理论的引入则为断层的定量研究提供了有效的方法。越来越多的研究表明，其分布和几何形态具有明显的分形结构，将分形几何学理论应用于断层系统的研究具有实际地质意义[1]。GIS（Geographic Information System）与分形几何学结合起来，在GIS平台上对地质学图形和数学模型进行分析及统计处理，这会使比较繁杂的分形计算操作过程变得方便简捷，且易于实现。MAPGIS是武汉中地公司研制的矢量型GIS软件，本文就是利用MAPGIS的输入编辑和空间分析两个模块，依据分形理论的网络覆盖法对断层进行分形统计。

1　分形理论及网络覆盖法

分形(Fractal) [1]是指具有自相似性或者自相似结构的几何对象。例如，弯弯曲曲的海岸线、起伏不平的山脉、粗糙不平的断面……它们的共同特点是极不规则或极不光滑，然而放大或缩小若干倍后其结构与功能又具有相似性，因此这些现象都是分形。所谓自相似性(self-similarity)是指事务或现象中局部与整体在形态、功能和信息等方面具有统计意义上的相似性。例如，山脉、树、菜花等等。维(dimension)是能有效度量几何物体的标准体所需要的独立坐标的数目，是表示几何体形状与分布特征的重要参数。研究表明，凡是可用分数维描述的几何对象都具有自相似性。

网络覆盖法一般用于研究一个区域内其中几何对象（点、线）的分形结构。将研究区域分成若干个边长为r的正方形格子，由于分形内部有各种层次的空洞和缝隙，所以，有些格子是空的，有些格子覆盖了分形的一部分，数出有点或线进入的格子数N(r)；按1/2的倍率缩小r，并数出相对应的格子数N(r)，并以此类推。如果研究区内几何对象具有自相似性结构，则有N(r)～r-D，式中，D为相似维。这种方法又称为数盒子法。在实际应用中只能取有限的r，将“数盒子”所得数据标绘在双对数坐标图lnN(r)－lnr上，可通过最小二乘法拟合一条直线：lnN(r)=a+blnr。拟合直线斜率|b|即为分维数D。

2　MAPGIS平台上断层分形统计

（1）数据准备。根据MAPGIS平台的特点，地质信息分为：点、线、面三种文件输入。

①点文件：为确定研究区范围定位的点。通过对研究区断层范围，以及地质地貌类型特点，确定四个定位点，为网络覆盖法中各级格网的形成做范围上的准备。将其命名为：定位点.wt。

②线文件：主要为断层线文件和格网线文件。断层线可由底图矢量化得到。其属性有ID号，断层长度等。将其命名为：断层.wl。格网线文件是在定位点的范围内存储网络覆盖法中各级格网的文件，一般来讲数多少次格子便录入多少个格网文件。格网文件的形成的简便操作是：第一步：“线编辑”－“阵列复制线”，输入各个参数；第二步：“其它”－“自动剪断线”。可以将各级格网线文件

收稿日期：2008-08-15 修回日期：2008-09-08

作者简介：王坤(1982-)，女，河北蠡县人，硕士研究生，主要从事煤田地质方向的研究。

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

命名为：格网r_0.wl，格网r_1.wl，……，格网r_r.wl，……，格网r_n.wl。

③面文件：主要存储各级格网面文件，为后步的空间分析做准备。在各级格网线文件的基础上，面文件录入的简便操作是：第一步：“其它”－“线转弧段”；第二步：“其它”－“拓扑重建”。可以将各级格网面文件命名为：格网r_0.wp，格网r_1.wp，……，格网r_r.wp，……，格网r_n.wp。

（2）空间分析。利用MAPGIS空间分析模块对上述矢量文件进行线对区的相交分析，利用MAPGIS属性统计功能统计出包含有断层的各级格网的个数，$N(r_0)$、$N(r_1)$、……、$N(r_n)$、……、$N(r_n)$。

线对区的相交分析的操作为：在空间分析模块中，装入断层线文件：断层.wl和各级格网面文件：格网r_r.wp，然后将其在综合图形中显示出来。选择：“空间分析”－“线空间分析”－“线对区相交分析”，得到一个线文件，可以保存为：断层与区相交r_r.wl。这一新的线文件同时有了断层.wl文件和格网r_r.wp文件的属性。

属性统计计算的操作为：在以上操作的基础上，选择：“属性统计”－“单属性分类统计”－“横向直方图”，选择上步操作新形成的文件：断层与区相交r_r.wl，分类属性字段选“IDO”，分类方式选：“单点方式”，即可得到$N(r_n)$。

分别计算$\ln r_0$……$\ln r_n$和$\ln N(r_0)$……$\ln N(r_n)$，在GRAPHER5.0平台上，基于折线/散点图的最小二乘法拟合直线：$\ln N(r)=a+b\ln r$，直线斜率|b|即为分维数D。

3 东坡井田已揭露断层的分形统计

东坡井田位于铜川矿区东部，距铜川市37km。本区自然地理属陕北黄土高原南缘台塬区的铜川长梁亚区，地表为广厚的黄土所覆盖，由于流水切割，形成台塬、梁峁、沟谷相互交织的地貌景观。一般高程930m，相对高差最大206m，一般最大120～140m。含煤地层为石炭系上统太原组（C_3t）及二叠系下统山西组（P_1s）。

据勘探及生产揭露资料，东坡井田内大中型断层发育。以高角度走向正断层为主，走向NE-SW，倾角60°～77°，落差数米至数百米，呈条带状分布，落差最大达225m，延伸距离长达7.5km以上，正断层多，逆断层较少。断裂之间，形成明显的阶梯式或地堑式块断带，走向NE断层颇为发育，大断裂之间形成明显的阶梯或地堑或断块带。其外还有很多逆断层，走向东西，倾角50°。这些因素直接影响了水平、采区以及工作面的布置。此外从已开采的矿井得知煤层中尚有断距不大的小断层存在，对煤层起到破坏，厚度变化等影响，对机采影响较大[2]。

在已有图件、文字资料的基础上，基于网络覆盖法的基本理论，运用MAPGIS6.5的输入编辑子系统及空间分析子系统和GRAPHER5.0[3]平台，进行断层空间分形统计及双对数坐标图的最小二乘法拟合。

研究区（已揭露断层区）坐标范围：Y=36625000～Y=36632500，X=3886000～X=3891500，小于东坡井田范围。在MAPGIS输入编辑子系统中进行断层图像的配准、断层的数字化保存为断层线文件。依据东坡矿区方里网坐标范围，依次取r_0=500m、r_1=250m、r_2=125m、r_3=62.5m，分四次划分格网（如图1），分别保存为面文件，为空间分析做准备。

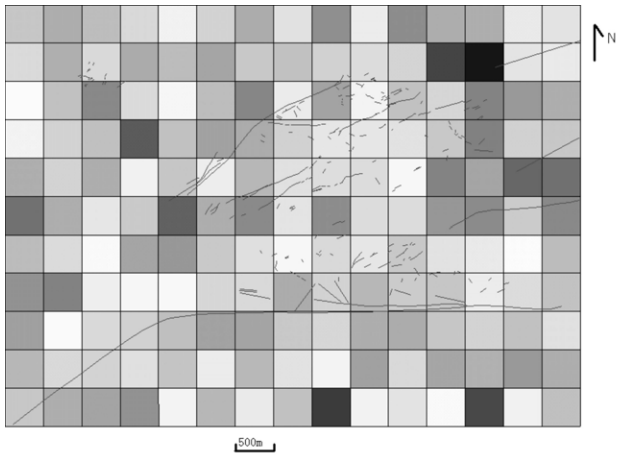

图1：r_0=500m的格网划分与断层分布关系

在空间分析模块中分别装入上述四个格网面文件与断层线文件，选择线对区相交分析命令，进行格网面文件与断层线文件的相交分析，保存相交结果文件；对相交结果文件进行单属性分类统计，分别记录断层分布于格网中的个数$N(r_0)$、$N(r_1)$、$N(r_2)$、$N(r_3)$。

r	N(r)	lnr	ln N(r)
r_0=500	$N(r_0)$=73	Lnr_0=6.2146	ln $N(r_0)$=4.2905
r_1=250	$N(r_1)$=184	Lnr_1=5.5215	ln $N(r_1)$=5.2149
r_2=125	$N(r_2)$=421	Lnr_2=4.8283	ln $N(r_2)$=6.0426
r_3=62.5	$N(r_3)$=815	Lnr_3=4.1352	ln $N(r_3)$=6.7032

表1 东坡井田已揭露断层分维计算结果

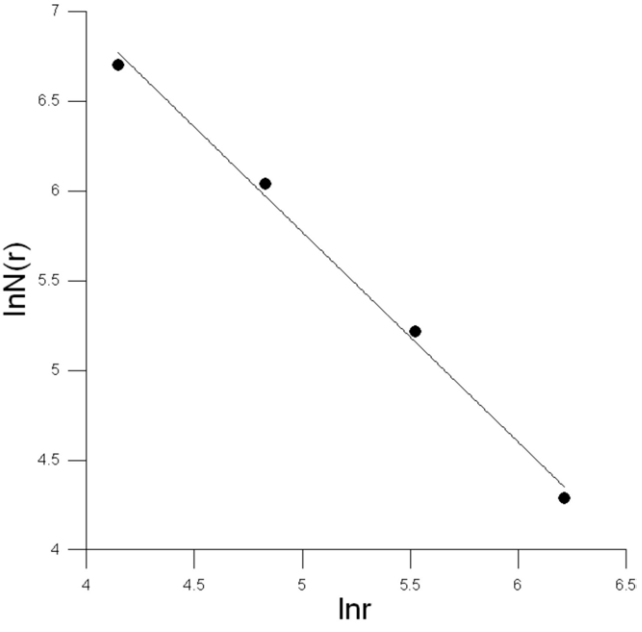

图2：断层网络分维拟合结果实例

（下转第13页）

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

在桥梁的运营过程中，当梁板出现问题后，必须及时对其产生的原因、现状、发展趋势以及桥梁遭受破坏的程度、对使用的影响等进行调查、分析研究，并采取相应的措施进行维修加固。从工程的病害维修及预防工作看效果比较明显的措施主要有。

（1）在进行桥梁设计计算时，必须考虑到各种现实情况，使桥梁设计与计算始终处于安全状态。

（2） 结构受力假设应尽量与实际受力相符。在设计计算桥梁行车道板时，考虑部分防水混凝土铺装参与行车道板的受力，从理论上似乎是合理的；但从施工后的情况来看，防水混凝土铺装层与行车道板的粘结很难达到理想的程度，实际上防水混凝土铺装层无法与行车道板很好的联结，整体共同受力，当然还有其他很多方面的原因。因此，在设计计算桥梁行车道板时，宜考虑降低防水混凝土参与行车道板的受力水平。

（3）适当加大铰缝的结构设计尺寸，以插入式振捣器能正常工作为宜，使铰缝内混凝土能够得到充分振捣。铰缝内混凝土标号应满足设计要求，混凝土防水铺装层应在铰缝混凝土终凝前完成，且铰缝和铺装层混凝土须达到设计强度时才能进行路面面层的施工，混凝土铺装层应禁止车辆通行。同时行车道板的侧面应为毛面，行车道板内的钢筋应伸入铰缝内，另可适当增加铰缝钢筋，铰缝在顺桥向每隔100～200cm焊接一块厚10mm的钢板，以加强行车道板的横向联结。这些措施有利于增加铰缝的抗剪能力。

（4）考虑行车道板的挠度及其他因素的影响，在施工完成后桥面防水混凝土的最小厚度必须保证不小于8cm，保证其有足够的刚度和强度，提高抗变形能力。

（5）铺装层内设满幅钢筋网，钢筋网所用钢筋的直径不小于12mm，间距宜设为10cm，梁板顶面预埋伸出的抗剪架立钢筋、以及铺装层钢筋网交叉点间应相互焊接，不能采用细铁丝绑扎，以增加钢筋网的抗拉性能和桥面铺装的抗剪能力。

（6）在混凝土铺装层中可掺加适量钢纤维，钢纤维在混凝土中形成乱向分布的三维网状结构，能抑制混凝土的干缩，且其抗折疲劳能力大幅提高，防止疲劳裂缝产生，从而为主体结构的稳定提供了保障。

（7）若行车道板为空心板时，不管是简支还是连续结构，均可在桥面防水混凝土铺装层顶面设置防水层，防水层可设为1～2mm改性沥青粘层。在纵桥向，可在护栏底座与沥青混凝土交界处设置 10cm 宽的盲沟，高与沥青混凝土厚度相同。如此将桥面横坡渗水汇于盲沟中，通过盲沟及纵坡排入泄水管及桥外。

（8）为使桥面铺装与预制空心板紧密结合，预制空心板顶面必须拉毛，且用水冲洗干净后方可浇筑桥面混凝土，加强防水混凝土铺装层与行车道板粘结，使其成为整体共同受力。

4 结束语

通过对单板受力状态的分析、及采取的处理措施，综合可知设计的荷载标准、铰缝的结构设计尺寸、施工的程序、材料的质量、桥面铺装是否与预制梁板很好的结合等是解决问题的关键。无论是设计、施工还是后期养护、运营管理等各部门，均应尊重科学、重视质量，用科学的设计理论、施工方法和有效的管理措施把好每道技术关，预防公路病害的发生。本文仅是对在桥梁设计过程所做的小结，希望得到同行的批评与指正。

参考文献：

[1] 姚玲森主编.桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,1985.
[2] 交通部第二公路勘察设计院.公路设计手册(路基)[M].北京:人民交通出版社,1996.

(上接第19页)

分别计算$\ln r_0$……$\ln r_3$和$\ln N(r_0)$……$\ln N(r_3)$，计算结果见上表：

Area

在GRAPHER5.0平台，对以上获得的一系列r和N(r)采用双对数坐标ln N(r)－lnr作图，基于折线/散点图的最小二乘法拟合直线的斜率，其斜率的绝对值D=1.1690即为东坡矿区已揭露断层分维数。（如图2）

4 结论

（1）东坡矿区已揭露断层的空间分布在一定尺度范围内具有相似性，可以用分维数来定量描述，采用网络覆盖法计算得出研究区内断层分维值为1.1690。

（2）网络覆盖法是一种最常用的计算分维的方法，一般由手工或计算机编程来实现，较复杂耗时。利用MAPGIS系统下强大的空间分析功能，使得分维计算简单易行，结果可靠，精度较高。且这种方法对于线性构造、复杂曲线等具有普遍实用性。

（3）分形理论给人们提供了一种描述自然界错综复杂、肤表貌似漫无规律的事物的有效方法，使人们对这些复杂的事物的描述从定性趋于定量。正如许多新理论一样，分形理论还有许多不完善之处，需要在实践中不断加以改进和完善[5]。

参考文献：

[1] 夏玉成,陈练武,薛喜成.地学信息数字化技术概论[M].陕西科学技术出版社,2003:5:173～180.
[2] 陈练武等.陕西省渭北石炭-二叠纪煤田铜川矿区东坡煤矿煤炭资源储量核实报告[R].陕西西科地质与环境有限责任公司,2008:2:16～20.
[3] 陈练武.计算机地质制图概论[M].西安地图出版社,2004:6:188～201.
[4] 薛亚东,张长根等.采区断层探测与分布规律研究[J].煤炭学报,2003,28(5):514～516.
[5] 张栓宏,周显强.断裂系统分形研究新进展[J].桂林工学院学报,2000,20(1):84～88.

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