

煤层底板构造复杂程度定量评价

马贺平 马君龙 (中煤航测遥感局遥感应用研究院 西安 710054)

摘要 我国煤田地质和矿井地质专家一直用定性的描述来衡量一个勘探区域或一个井田的煤层构造复杂程度,本人将分形理论(Fractal)应用于煤层底板构造的量化,通过对煤层底板断层及褶曲轴的格网统计和回归分析求得分形维数,计算构造密度,划分煤田或井田的底板构造密度等值线图并对其进行复杂程度进行定量评价,将结果有效地应用于试验区的构造控水作用评价,较好地达到了预期效果。

关键词 煤层底板构造 分形 相似维 分形维 构造密度变异系数 构造密度

煤层底板构造的量化是定量评价煤层底板构造复杂程度的有效方法。选择合理的煤层底板构造量化方案,对正确评价煤层底板构造复杂程度及变化规律、确定勘探和采煤技术方案、布置巷道掘进、合理地划分和布置回采工作面,提高采煤效率、预防煤矿灾害(如井下突水、煤和瓦斯突出、井下塌方等)都有着重要意义。

1 底板构造量化的理论基础

煤层底板构造量化就是力求通过反映构造特征参数对一个井田或一个勘探区内的构造分布发育特征用定量数值进行评价,本文是作者在河北峰峰~邯郸矿区应用 ARC/INFO 地理信息系统实现煤矿底板突水预测预报研究内容的一部分^①,煤层底板构造是激发底板突水的一个重要因素。通过对研究区内的四矿、通二矿、王风矿、孙庄矿、黄沙矿和万年矿等井田底板构造的量化取值,并依据构造量化图对井下已知突水情况进行拟合验证,都取得了较好的效果。

底板构造数据包括断层密度,延伸长度、落差,长度与落差之乘积,以及褶曲轴长等数据。其采集方法为格网统计基础上的加权量化,权值取决于构造的分形维数和密度变异系数。

构造分形维数能准确地衡量矿区内构造复杂

程度,分形(Fractal)概念是由法国数学家 B·B·Mandelbrot 于 1975 年创造的,定义为“分形是一种形状,其局部和整体具有相似性”,对于具有自相似性的几何图形,当以相似比 R 来分割之,则得到 N 个相似图形,(R 愈小, N 愈大),且具有幂次关系: $(1/R)^{D_s} = N$ 或 $D_s = -\ln N / \ln R$ 式中 D_s 为相似维数。

根据中国矿业大学地质系徐志斌副教授徐州大屯矿区的研究^②,相似维、信息维、关联维等的值都很相近,在一般应用中不加以区别。

2 分形维的测定和计算

可以定量描述煤层底板构造几何不规则性变化的分形维不仅包含了断裂层的条数、组数和水平延伸长度的变化,而且也包含了断裂分布的不均匀性和分布范围等因素,是评价底板构造复杂程度的一种综合性指标。

分形维的测定比较简单,我们以 1:5000 煤层底板等高线为基础图,将近南北向断层,近东西向断层,与上述层有联系的北东向断层和孤立的北东向断层分别转绘到透明纸上,绘制成构造迹线网络图,并将其上有构造迹线的区域划分为面积都为 $32 \times 32 \text{cm}^2$ (实际面积为 $1600 \times 1600 \text{米}^2$) 的正方形块形,然后采用网络覆盖法测定分形测定分形维,实际测定过程中取每一正方形块段的边长(32cm)为 1,则 $R = 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32$ 。共计测定四矿全区 61 个块段,王风矿全区 15 块段,王风矿以山青、小青、大青、下架四层煤,按上述四个方向分别划块统计,从表 1 可看出,不同

①中煤航测遥感局遥感队·峰峰邯郸矿区山青——下架煤底板突水预测预报研究报告,1994

②徐光斌·江苏徐州大屯矿区相送分形研究报告,1994

块段中的相似维都具有显著的线性回归效果,测定结果是可靠的,即各块段中的构造形迹具有统计自相似性。相似维数计算公式: $D_s = -\ln N / \ln R$, D_s : 为分形维数, N : 为线性构造条数, R : 单位网格倍数。

3 底板构造量化参数的计算

3.1 分形维数的取值

按各组构造分形维数平均值(取相关系数大于 0.9)得出各方向组线性构造分形维数作为构造复杂程度权数(表 2)。

表 2 中空白区是指 1:5000 底板等高线图上,统计网络内(10×10cm²)无构造形迹区域,而对应的 1:2000 底板等高线图上仍有小断层分布。

表 1 王凤矿小青煤层底板构造分形统计表

组别	网 格 尺 寸						分形值 D_s	相关系数 r
	网格 编号	800m	400m	200m	100m	50m		
A	1	2	5	8	16	32	0.9678	0.9961
A	2	4	11	22	47	103	1.1468	0.9980
A	3	1	4	27	53	151	1.8205	0.9980
A	4	4	9	24	52	148	1.2949	0.9990
A	5	1	3	5	16	38	1.2911	0.9950
A	6	2	6	11	25	55	1.1622	0.9965
A	7	2	5	8	17	30	0.9579	0.9955
A	8	2	4	10	18	51	1.1515	0.9968
A	9	2	6	15	35	71	1.2844	0.9967
B	1	4	13	42	85	153	1.3224	0.9880
B	2	4	14	36	88	171	1.3488	0.9937
B	3	3	10	23	64	118	1.3273	0.9947
B	4	4	13	37	77	142	1.2866	0.9096
B	5	4	10	24	46	92	1.1249	0.9971
B	6	3	6	9	18	30	0.8229	0.9974
B	7	2	6	9	25	58	1.1775	0.9933
B	8	2	8	15	34	72	1.2427	0.9899
B	9	2	6	8	14	30	0.9036	0.9834
B	10	3	8	16	31	58	1.0500	0.9956
B	11	4	7	13	20	48	0.8381	0.9967
B	12	2	3	6	10	20	1.1908	0.9855
B	13	1	4	8	16	31	0.8648	0.9855
B	14	2	6	13	23	42	1.0723	0.9898
C	1	1	1	1	2	3	0.4170	0.8940
C	2	1	1	3	6	11	0.9504	0.9740
C	3	2	3	7	14	24	0.9392	0.9951
C	4	1	2	5	8	12	0.9170	0.9880
C	5	2	4	5	13	23	0.8748	0.9874
C	6	1	1	2	17	15	1.0621	0.9599
C	7	2	4	8	15	31	0.9815	0.9998
C	8	1	3	5	10	18	1.0077	0.9909
C	9	1	2	4	8	14	0.9615	0.9992
C	10	3	5	12	22	41	0.9683	0.9973
C	11	2	3	8	19	33	1.0752	0.9925
D	1	1	1	3	5	9	0.8667	0.9723
D	2	1	1	2	5	9	0.8662	0.9678

注: A 组为与南北向或东西向有联系的北东向组构造。B 组为近南北向组构造。C 组为孤立的北东向组构造。D 组为近东西向组构造。

表 2 底板构造分维值

构造组	分形维数 D_s
近 东 北 向 N20°W~N20°E	1.1474
近 东 西 向 N71°E~90°	1.0251
与上述有联系的(NE1)NE21~70°	1.1878
与上述有联系的(NE1)NE21~70°	1.0335
与上述无联系的(NE2)NE21~70°	
空白区	0.5752

3.2 构造变异系数

决定构造量化值的第二个权数是构造变异系数。由于 1:5000 底板等高线图不能表示的落差在 0.5~10m 的中、小断层的分布,因此结合 1:2000 回采地质说明书或 1:2000 采掘工程平面图,对大比例尺图上所反映的小断层进行统计,并与 1:5000 同一煤层底板等高线图上相对应区域内所有断层数进行统计,得到两者比值即为密度变异系数。由于各矿对各层煤开采程度的差异,且各层煤之间的构造复杂程度也不尽相同,我们力求从上层煤的构造密度变异系数推下层煤的对应值,从同一层煤已采区的密度变异系数推未采区的相应值,从而保证了变展览系数采用值的可靠性。各矿构造密度变异系数如表 3。

表 3 各矿构造密度异系数一览表

矿井名	近 NS	近 EW	NE1	NE2
四 矿	6.4	6.4	6.4	6.4
通二矿	9.0	9.0	9.0	9.0
王凤矿	9.0	9.5	9.5	9.5
孙庄矿	8.4	8.4	8.4	8.4
黄沙矿	11.5	11.5	11.5	11.5
万年矿	9.8	9.8	9.8	9.8

由分维值与变异系数的乘积得到底板构造的基本权值,基本权值得到后,还须采集底板构造基本数据。

3.3 底板构造量化值的计算

底板构造基本数据包括底板构造的密度、长度、落差和强度,它们都以 1:5000 底板等高线图作基础图。

底板构造密度数据采用单位面积内(以 10×10cm²)网格,实际面积(500×500cm²)的断层和褶曲轴的条数为其基础值;以长度基础值与落差基础值的乘积作为强度基础值。(下转 72 页)

并截取 K2 层间水可获得丰富的优质地下水。

在上述推断的浅层富水区,本次施工的钻孔涌水量基本都在 $500\text{m}^3/\text{d}$ 以上。深层水已做为下阶段勘察的目的层。

结语

应用遥感信息的环境分析法不仅可解决干旱草原区一些定性的水文地质问题,而且可解决一些定量问题。在水文地质研究程度较低广大干旱区,应用此法可获得许多有用的地下水信息,为进一步的找水工程布置提供依据,可避免找水工作的盲目性。干旱地区常是荒漠草原区,应用常规方法困难大,花费多。由于此法野外工作量少,在找水工作前期先进行预查,圈定找水靶区,能迅速提供找水方向,然后再布置其它勘察手段,这样整

个降低找水工作费用,见效快,还能缩短找水周期。因此,遥感信息的环境分析找水法在干旱区找水大有用处,结合遥感信息的地质分析法效果会更好。

参考文献

- 1 孙星和·宇航遥感物理基础·北京:地震出版社,1990,107
- 2 史培军等·内蒙古锡林郭勒盟草地地上生物量估算的地质模型研究 见李博等著·中国北方草地畜牧业动态监测研究(一)·北京:农业科技出版社,1993,98~99.
- 3 杨成田·专门水文地质学·北京:地质出版社,13~14
- 4 沈景文·地下水与生态环境·环境科学动态,1990,(4):16~20

(上接 59 页) 以各方向构造的基础值乘以基本权值得到底板构造的最终量化值;空白区的最终量化值只以统计面积以倍数扩大后的基本值乘以分维值即可。最终量化值的计算公式如下:

密度值: $D(i, j) = \text{基础值} \times \text{分形维数}$
 $\times \text{密度变异系数}$

长度值: $L(i, j) = \text{基础值} \times \text{分形维数}$
 $\times \text{长度变异系数}$

落差值: $H(i, j) = \text{基础值} \times \text{分形维数}$
 $\times \text{落差变异系数}$

强度值: $S(i, j) = LP(i, j) \times HP(i, j)$ 式中 (i, j) 统计网格编号, $LP(i, j)$ 为统计网格内平均走向长度, $HP(i, j)$ 为统计网格内平均落差。

4 应用效果评价

通过上述量化方案取得的四种构造数据直接生成的单因素构造量化图较好地反映了各级断层在空间上的分布发育特征及其展布复杂程度,煤层底板受断层切割破坏程度。以王凤矿下架煤层底板构造密度等值线图为例,井田的东北部,西部和西南部构造分布密度大,密度值为 40~60,极密值为 60~70 之间,而其东部和中部构造较为简

单,密度值在 10~20 之间。将所生成的构造量化图分别与已知突水点进行拟合分析后,以底板构造密度因素量化方案为最佳,适于参加各种复合处理和建模评价,也适合于对煤田、勘探区和井田的煤层底板构造进行定量评价。

结论

利用分形理论定量统计煤层底板构造分形维数,再采用构造变异系数,在此基础上统计煤田勘探或矿井开采基本构造数据,如密度、长度、落差和强度,在此基础上对研究区构造进行量化,并将量化数据等值化,即可得到试验区煤层底板构造复杂程度平面图,即构造量化图,对煤田地质勘探和矿井地质分析研究有重要的参考作用,可为煤矿设计与开采提供依据。

参考文献

- 1 毕先梅·地质学运用分形概论需要考虑的问题·地球科学,1994-06
- 2 彭望禄·遥感数据的计算机处理与地理信息系统·北京师范大学出版社,1991