

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

研究进展

新疆塔里木北部地区压、扭、张破裂面 分维数 D 值测算

孙岩 万玲 张喜慧

勾佛仪

(南京大学地球科学系)

(河海大学工程力学系, 南京)

内容提要 本文精测了新疆塔里木北部地区压、张、扭三类不同性质断层断面的起伏高度和长度, 利用谢和平及 Parisean (1994) 的公式, 测算了断面分维数 D , 又由 D 值测算了粗糙度 JRC 值, 发现压、张、扭三类断层的 D 和 JRC 值有明显差别, 所取得 D 值与美国的 San Andrees 断层的 D 值具有一定的相似性。

关键词 破裂结构面 分维数 D 值 粗糙度 JRC 值 新疆塔里木北部地区

破裂结构面力学性质的鉴定, 是研究断裂构造和构造体系最基础的工作, 这对认识和评价控矿成矿断裂、控震发震构造、构造应力场和碰撞造山带等具有一定意义。60年代起大多数对其进行定性鉴定。自80年代后期, 对破裂结构面的鉴定, 已引进非线性理论, 采用新的鉴定指标—确切描述曲线或位形的分维数 D 值。然在国际上对这方面的研讨工作, 大都限于走滑断裂或笼统的断裂构造。本文则是以新疆塔里木北部地区的断裂构造为例, 对不同类型结构面分维数值进行测算对比。

B. B. Mandelbrot (1983) 所创立的分形几何学区别于经典几何学的最基本点在于分维数值可以不是整数, 这样就会定量地描述具有自相似性的曲线和位形^[1]。

依据谢和平和 W. G. Parisean (1994) 所建立的广义分形模型和计算公式, 分数维可直接由两个统计参数 l 和 h (分别为断裂裂隙粗糙度的平均基长和平均高度) 来测算^[2], 即:

$$D = \log 4 / \log [2(1 + \cos \text{tg}^{-1} 2h/l)]$$

同时这个分形维数又密切相关于岩石裂隙粗糙系数 (JRC) 值:

$$JRC = 85.2671 (D - 1)^{0.5679}$$

按照上述两个公式, 有目的选择新疆塔里木北部库鲁克塔克地区不同类型的破裂结构面, 进行了分数维 D 值和粗糙度系数 JRC 值测算对比研究。

为了对比合理, 野外测量不同类型结构面的 l 和 h 值, 是在严格鉴定结构面力学性质的基础上, 尽量选择相同地质条件、构造环境下所形成的各种断裂裂隙, 诸如下列几个方面:

注: 本文得到“八五”国家重点科技项目(编号85—101)和国家自然科学基金资助。

本文1995年10月收到, 1996年11月改回, 王毅编辑。

表1 新疆塔里木北部地区硬性和软性岩石力学物性参数对比表

Table 1 Comparing table of the mechano-physic parameters of the hardness and softness rocks in the northern Tarim area, Xinjiang

岩石类型	岩石力学参数							岩石物理参数			
	抗压强度 (MPa)	抗张强度 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	内摩擦角 (°)	杨氏模量 (GPa)	剪切模量 (GPa)	泊松比 ν	密度 (g/cm ³)	体积压缩系数 (GPa)	弹性 (km/s)	波速 (km/s)
白云质灰岩	116.88	2.68	17.77	60.50	103.48	40.25	0.256	2.818	80.22	6.889	3.78
泥岩	41.96	1.83	9.18	30.00	32.22	13.54	0.302	2.307	17.60	3.874	2.39

地质矿产部南京石油物探研究所洪炎坤测试。

(1)选同一地层岩性 为元古界具帕尔岗塔克群藻层纹的白云质灰岩、白云岩。邻近地层为震旦系下统贝义西组碎屑岩、泥灰岩并伴有浅变质现象。

(2)选同一断裂活动带 即兴地河流域的兴地断裂带。依据塔里木北部地区的综合考察,该区在加里东期—早海西期,构造变动以挤压为主;晚海西期—印支期、燕山期,以走滑和拉伸作用为主;而喜马拉雅期则进入一个新的构造活跃期,而挤压、走滑和拉伸作用仍有表现。

(3)选同一变形断裂 即选取脆性变形断裂裂

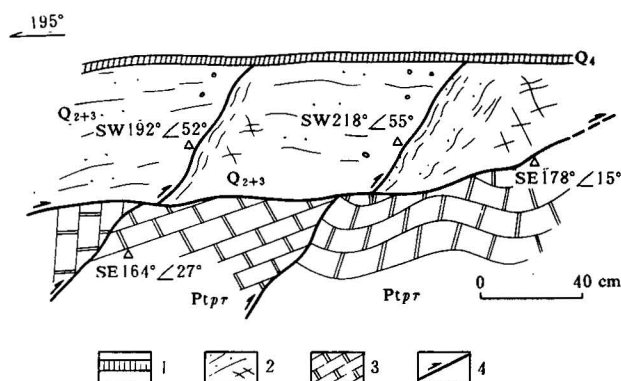


图1 塔里木北部地区兴地断裂带,发育于元古宇和第四系的缓波状压性破裂结构面

Fig. 1 Gentle compressive fracture structure plane developed in the Proterozoic Erathem and Quaternary System in the Xingdi fault zone, the northern Tarim area

1—表土;2—略显固结的砂砾层;3—元古宇帕尔岗塔克群白云岩;4—断层及产状(倾向,倾角)

1—Surface soil; 2—sand and gravel band bearing light solidification; 3—dolomite of the Proterozoic Pargantak Group; 4—fault and occurrence

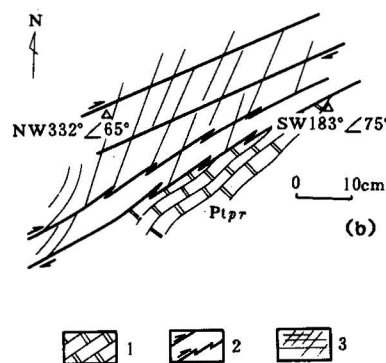
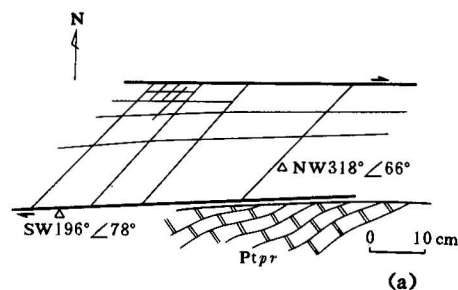


图2 (a),(b)为塔里木北部地区兴地断裂带发育于元古宇的平板状扭性破裂结构面平面图

Fig. 2 (a),(b) Platform shear fracture structure plane developed in the Proterozoic Erathem in the Xingdi fault zone, the northern Tarim area

1—元古宇帕尔岗塔克群白云岩(Pt pr); 2—断层及动向;3—节理及产状
1—Dolomite of the Pargantak Group(Pt pr); 2—fault and sense;3—joints and occurrence

隙比较之。鉴于硬性的白云质灰岩、白云岩和软性的泥岩、泥灰岩的岩石力学、岩石物性参数差别较大(表1),抗压强度和体积压缩系数前者比后者分别高出2.8倍和4.6倍,故选其坚硬的、强度大的脆性变形岩石进行观察。其断面不易塑变、不易脱落,测量准确,数据可靠^[3,4]。

(4)选同一变形时代 均属新构造断裂活动时代,所测压、扭、张性断层泥热释光样品分析结果分别为9.61, 7.20和4.72万年(表2)。

表2 新疆库鲁克塔克地区兴地断裂带断层泥热释光样品测年结果综合表

Table 2 Synthesis table of the sample dating results with the thermoluminescence method to the gouge in the Xingdi fault zone, Kuluketake, Xinjiang

断层类型	力学性质	观察采样地点	野外编号	等效剂量 (GY)	年剂量率 (GY/a)	年 龄 ($\times 10^4$ a)
逆断层	压 性	兴地公路旁	92-7-14	253.59	0.00264	9.61 \pm 0.75
平移断层	扭 性	兴地山哑口	92-7-18	264.38	0.00367	7.20 \pm 0.65
正断层	张 性	兴地山哑口	92-7-19	236.33	0.00501	4.72 \pm 0.37

北京国家地震局地质研究所计凤桔测试。

表3 新疆库鲁克塔克地区元古宙白云质灰岩地层中兴地
断裂带不同破裂结构面 D 值和 JRC 值一览表

Table 3 D and JRC values of different structure planes from the Xingdi fault zone in Proterozoic dolomite-limestone strata in the Kuluketake area, Xinjiang

断 层		断面粗糙		分数维 D 值		粗糙度 JRC 值			
产 状 (倾向 \angle 倾角)	性质	高度 h (cm)	长度 l (cm)	测算值	平均值	测算值	平均值		
NE20° \angle 84°	正断层 (张性)	3.5	9.0	1.08729	1.07920	21.35	19.414		
		2.8	7.0	1.09136		21.91			
		2.1	6.0	1.07335		19.34			
		3.5	8.0	1.10529		23.74			
SW220° \angle 70°	正断层 (张性)	2.0	6.8	1.05440		17.15			
		3.0	9.7	1.05939		16.24			
		3.2	10.5	1.05789		16.91			
		3.5	11.0	1.06238		17.64			
		1.8	5.4	1.06754		18.45			
		2.4	7.8	1.05886		17.07			
SW190° \angle 55°	逆冲断层 (压性)	2.8	28	1.00709		1.01390		12.49	8.195
		3.2	15	1.03043				11.78	
		1.5	8	1.02390	10.23				
		1.2	6	1.02698	10.98				
SW220° \angle 45°	逆冲断层 (压性)	0.5	5.0	1.00709	5.13				
		0.3	3.2	1.00624	4.77				
		0.4	3.9	1.00745	5.28				
		0.3	3.1	1.00665	4.95				
		0.3	3.1	1.00665	4.95				
SW190° \angle 75°	平移断层 (扭性)	0.4	18	1.00036	1.00038		0.94	0.978	
		0.3	15	1.00029			0.83		
		0.3	19	1.00032			0.88		
		0.5	21	1.00041		1.01			
		0.6	23	1.00049		1.23			

通过对塔里木北部兴地地区缓波状压性断裂、平板状扭性断裂和锯齿状张性断裂的实地勘查描述(图1,2),并依据上述观察原则和计算公式测算不同破裂结构面的分维数 D 值和粗糙度 JRC 值,结果示于表3。表中清楚显示:

(1)正、逆、平移断层的分维数值 D 依次减小; $D-1$ 值各自趋近于一个数量级;平移断层 D 值最低,所测的这个数值1.00038同 A. C. Aviles 和 C. H. Scholz(1987)所厘定美国加州 San Andreas 走滑断层的值($D=1.00067-1.0081$),虽是不同公式所测,但具有一定的相似性。

(2)张、压、扭破裂面粗糙度 JRC 值之变化跨度较大,与 JRC 变化典型类别相比,则各自相应于其中的第10、第5和第1类(共10个级别类型)^[2]。

(3) D 值越大, JRC 值也就越大,分维数确实显示了对破裂面粗糙度的一种度量,两者关系见图3所示。亦即分维数 D 值可定量地度量不同力学性质破裂结构面的形态表象,并作为结构面鉴定新的标志和指标^[5]。不待说,该项研究工作,国内外均刚起步,随着资料的积累和数据库的建立,新的定量标准必将确定之。

综上所述,不同类型破裂结构面分维数 D 值的确立,是通过严格的条件限制、严密的测量计算方法取得的,具有一定的代表性。这不仅对一般的压、扭、张性结构面的鉴定;而且对导矿储矿、控震发震、滑塌滑坡等断裂构造的力学性质划分,均可提出科学的度量依据,并逐步同当今国际上的断层定量描述相一致。

本项研究过程中,得到陈祥云同志的帮助,在成文过程中得到中国矿业大学谢和平教授指教,谨此志谢。

参 考 文 献

- 1 Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature, W H Freeman and Company, New York, 1983. 1—486.
- 2 谢和平,Parisean W G. 岩石节理粗糙系数(JRC)的分形估计. 中国科学(B辑),1994,38(5):524—530.
- 3 孙 岩,施泽进. 湘赣地区的岩石力学参数和区域层滑系统研究. 中国科学(B辑),1992,38(8):860—867.
- 4 勾佛仪. 分形几何与岩石裂隙粗糙度. 河海大学科技进展,1993,10(2):35—42.
- 5 孙 岩,陈祥云,勾佛仪. 破裂面分维数 D 值——结构面鉴定新指标. 地学前缘,1995,2(1—2):123.

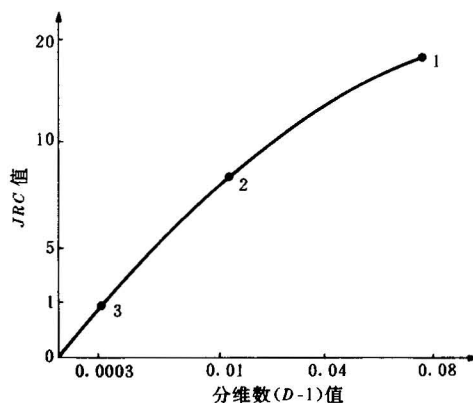


图3 表1中张、压、扭结构面(图中黑点1,2,3所示)分维数($D-1$)与粗糙度(JRC)值关系图

Fig. 3 A related figure between the fractal ($D-1$) and joint roughness coefficient (JRC) of tensile, compressive and shearing structure planes (black points 1, 2 and 3 showing in the figure) in the Table 1

DETERMINATION OF THE FRACTAL DIMENSION D VALUE OF THE COMPRESSIVE, SHEAR AND TENSILE FRACTURES IN THE NORTHERN PART OF TARIM, XINJIANG

Sun Yan, Wan Ling, Zhang Xihui,

(*Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu*)

and Gou Fuyi

(*Department of Engineering and Mechanics, Hehai University, Nanjing, Jiangsu*)

Abstract

The authors have measured the relief length and height of fault planes of compressive, tensile and shear origins in northern Tarim, Xinjiang, and determined the fractal dimension D values using the formula established by Xie Heping and W. G. Parisean (1994) and then calculated the joint roughness coefficient (JRC) values of different fracture structure planes according to the D values. It is found that the D and JRC values of compressive, shear and tensile faults are notably different and that the D values obtained by the authors are somewhat similar to those of the San Andreas fault in the United States.

Key words: fracture plane, fractal dimension D value, joint roughness coefficient, northern Tarim area, Xinjiang

作者简介

孙岩,男,1937年7月生。1960年毕业于南京大学地质系。现为南京大学地球科学系教授、博士生导师,长期从事构造物理方面的研究工作。通讯处:南京大学地球科学系,邮政编码:210093。