

一种利用断裂石香肠恢复岩层原始厚度的方法

徐云峰^{1,2}, 曾佐勋^{1,2}, 吴武军^{1,2}

(1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 华中构造力学研究中心, 湖北 武汉 430074)

摘要: 断裂石香肠的形成是能层不连续变形和韧性层连续变形共同作用的结果。以湖北铁山麻雀脑产出的断裂石香肠为例, 介绍了一种利用断裂石香肠估算岩层有限应变进而恢复其原始厚度的方法。该方法操作非常简便, 结果确凿可靠。

关键词: 断裂石香肠; 有限应变; 湖北铁山

中图分类号: P554 TU452

文献标识码: A

石香肠构造最初由比利时人 Lohest 提出来, 用来描述比利时的巴斯托康 (Bastogne) 地区夹在下泥盆统页岩中酒桶状展布的石英砂岩^[1]。我国的学者刘如琦^[2]、马杏垣^[1]也注意到了这一特殊的构造样式, 并分别对湖南长沙岳麓山及北京西山的石香肠构造作了一定的研究。确定地层的原始厚度是恢复沉积环境、建立正常的地层剖面、进行地层对比等基础地质工作的重要内容^[3]。本文以湖北铁山的断裂石香肠为例, 介绍一种新的岩层有限应变估算方法, 并试图恢复岩层厚度。

1 研究方法

位于韧性介质中的能干层遭受平行层面的拉伸 (垂直层面的压缩) 时, 由于力学性质的不稳定而发生断裂, 形成断裂石香肠^[4,5]。香肠体之间的间隔被韧性基质充填, 因此, 能干层的变形为不连续变形, 基质的变形为连续变形。其形成过程可以示意如图 1。

变形过程中, 能干层在张应力作用下断裂。基质在应力作用下, 向两侧和香肠体之间的空隙发生粘性流动。香肠体在基质的持续作用下, 向两侧移动。其结果为岩层总体减薄, 能干层的厚度变化可视为零。流动过程中岩层的体积变化很小, 可以忽略, 假定岩层沿 B 轴方向无线应变, 则可将问题转化为平面应变问题。通过测量 x 轴方向的线应变, 由于变形前后 $x-z$ 面上面积不变, 因而可求出 z 轴方向上的线应变。其操作步骤如下:

1. 测量一系列的 l_1, l_2, l_3, \dots 求和 $\sum l_i$ 即为 l ,
2. 测量 l' ,
3. 计算 x 轴方向的线应变 k 和 z 轴方向上的线应变 k' 。

$$k = \frac{l' - l}{l} \quad (1)$$

收稿日期: 2005-01-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (编号: 49972068) 成果。

作者简介: 徐云峰 (1978-), 男, 湖北天门人, 构造地质学硕士。现主要从事岩土工程的教学与科研工作。

联系方式: 中国地质大学 地球科学学院构造模拟实验室, 430074

E-mail: ff-peak@163.com

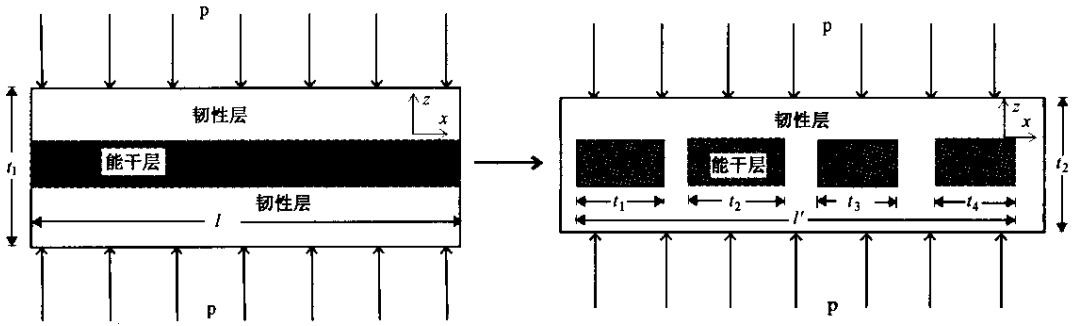


图 1 断裂石香肠形成示意图

Fig.1 Sketch map showing the formation of fracture boudins

$$k' = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \tag{2}$$

由 (1) (2) 式可得：

$$l' = l(1 + k');$$

$$t_2 = t_1(1 + k');$$

将上二式代入假设条件

$$lt_1 = l't_2;$$

可求得：

$$k' = -\frac{k}{1 + k} \tag{3}$$

将 (3) 代入 (2), 可得：

$$t_1 = t_2 / (1 + k') \tag{4}$$

由 (4) 即可求出岩层的初始厚度。

2 应用实例

本次研究地点为大冶铁山麻雀脑铁路旁边。其主要地层为三叠系大冶群第二段 (T_{1d}^2) 的角岩条带大理岩、角岩化大理岩和中厚层大理岩互层；第三段 (T_{1d}^3) 薄层石榴石角岩条带大理岩；第四段 (T_{1d}^4) 角岩团块状大理岩。受燕山期多次岩浆侵入作用，大理岩发生粘塑性流动，而角岩在应变量很小 (有限应变几乎为零) 的情况下就发生断裂，形成断裂石香肠^[6]。该区广泛发育矩形、菱形、藕节形的石香肠 (图 2)，以断裂石香肠为主。

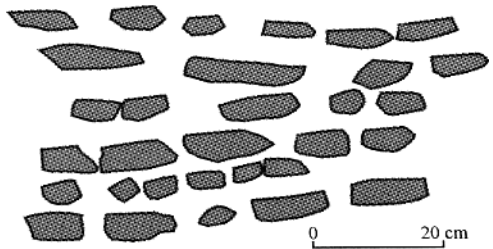


图 2 铁山麻雀脑断裂石香肠素描图

Fig.2 Sketch of fracture boudins at Maquenao, Tieshan.

本次测量共选取 7 个测点，16 条测线，其记录数据如表 1。

由表 1 可知，在麻雀脑地区所测的 k 值均在 0.3 至 0.75 之间，故岩层的应变较大，厚度变化也较大，这是符合地质实际的。在同一测点上测得的 k 、 k' 之差较小，因而误差也较小，所恢

复

复的岩层厚度也较可信。由上可知,本例中所用 t_1 、 t_2 均为两层韧性层与能干层总厚度。实际研究中,可进一步用 t_1 减去能干层厚度,进而通过上下韧性层的厚度比,求出各层的原始厚度。

表 1 铁山麻雀脑断裂石香肠有限应变测量结果

Table 1 Finite strain measurements of fracture boudins at Maquenao

点号	序号	l_1 cm	l_2 cm	l_3 cm	l_4 cm	l_5 cm	l cm	l' cm	k	k'	t_2 cm	t_1 cm
1	1	9.3	5.3	9.0	12.3	8.5	44.4	67.4	0.52	-0.34	6.0	9.12
	2	8.5	9.0	9.3	7.0	12.0	45.8	65.8	0.44	-0.31	5.5	7.92
2	3	7.4	9.8	2.5	9.0	7.5	36.2	52.3	0.44	-0.31	4.0	5.76
	4	9.0	7.5	10	5	6.2	37.7	48.9	0.30	-0.23	4.8	6.24
	5	3.5	4.0	4.3	4.5	6.8	23.1	32.6	0.41	-0.29	4.3	6.06
3	6	5.5	6.0	4.3	4.8	5.8	26.4	39.2	0.48	-0.32	3.5	5.18
	7	4.8	5.8	6.7	3.7	4.8	25.8	42.1	0.63	-0.39	3.6	5.87
4	8	2.4	3.4	3.0	4.3	3.6	16.7	26.6	0.59	-0.37	3.6	5.72
	9	3.5	4.3	3.6	3.2	2.9	17.5	27.0	0.54	-0.35	3.6	5.54
5	10	4.5	3.6	3.3	7.1	3.0	21.5	37.6	0.75	-0.43	4.3	7.53
	11	3.0	1.5	3.6	3.0	8.8	19.9	32.5	0.63	-0.39	4.3	7.01
6	12	10.6	9.0	16	9	11.8	56.4	86.9	0.54	-0.35	12.5	19.25
	13	14.5	9.0	10.2	11.8	6.6	52.1	83.4	0.60	-0.38	12.7	20.32
7	14	4.0	3.6	4.5	3.6	3.2	18.9	29.0	0.53	-0.35	4.3	6.58
	15	4.5	4.5	3.4	1.3	4.2	17.9	29.5	0.65	-0.39	3.7	6.11
	16	3.2	3.7	1.0	7.0	4.5	19.4	32	0.65	-0.39	3.6	5.94

3 结论与讨论

断裂石香肠是三维的空间实体,其普遍性及其构造意义先为人知。同时,其在岩石有限应变测量及区域应力场的确定也早已引起了人们的兴趣,但是,应用断裂石香肠构造来恢复岩层厚度的研究尚不多见,笔者只是在这方面做了一点初浅的尝试。

相比较而言,利用断裂石香肠估算岩层的有限应变进而恢复岩层厚度,操作过程较当前普遍采用的利用岩石显微构造来测有限应变方法简便,且计算结果较可靠,因此值得在研究中推广应用。

参 考 文 献

- [1] 马杏垣. 北京西山的石香肠构造 [J]. 地质论评, 1965, 23 (1): 13 ~ 28.
- [2] 刘如琦. 湖南长沙岳麓山砂岩组的香肠构造 [J]. 地质学报, 1963, 43 : 230 ~ 240.
- [3] 章泽军. 用有限应变测量恢复地层初始厚度的一种近似计算方法 [J]. 地质论评, 1987, 33 (6): 553 ~ 570.
- [4] Kidan T W, Cosgrove J W. The deformation of multilayers by layer-normal compression: an experimental investigation [J]. J. Struct. Geol., 1996, 18 (4): 461 ~ 474.

- [5] Mandal N, Chakraborty C, Sanmanta S K. Boudinage in multilayered rocks under layer-normal compression ; a theoretical analysis [J]. *J. Struct. Geol.*, 2000, 22 (3): 373 ~ 382.
- [6] 吴树仁, 金振民. 湖北大冶矿区麻雀脑—尖山石香肠构造 [J]. *河北地质学院学报*, 1992, 15 (4): 425 ~ 436.

A METHOD FOR RESTORATION OF THE ORIGINAL LAYER THICKNESS BY USING FRACTURE BOUDINS

XU Yun-feng^{1,2}, ZENG Zuo-xun^{1,2}, WU Wu-ju^{1,2}

(1. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China* ;

2. *Huazhong Tectonomechanical Research Center, Wuhan 430074, Hubei, China*)

Abstract : Fracture boudins are the result of combined discontinuous deformation of competent layers and continuous deformation of ductile layers. Take for example the fracture boudins occurring at Maquegou, Tieshan, Hubei, a new method of calculating the finite strain of a rock layer and restoring the original thickness of the layer is presented. It is very easy to operate and yields conclusive and reliable results.

Key words : fracture boudins ; finite strain ; Tieshan ; Hubei

学术消息 :

“ 青藏高原地质过程与环境灾害效应 ” 学术研讨会将于北京举行

为了交流青藏高原地质调查与研究成果, 活跃学术气氛, 促进青藏高原大陆动力学与地质力学学科发展, 根据中国地质学会学术活动相关计划, 由中国地质学会地质力学专业委员会、第四纪地质专业委员会与中国地质调查局水文地质环境地质部、中国地震学会地震地质专业委员会发起, 中国地质科学院地质力学研究所承办“青藏高原地质过程与环境灾害效应”学术讨论会将于 2005 年 11 月 20 ~ 24 日在北京召开。

会议将安排大会发言和分组报告, 组织专题讨论。初步拟定的研讨专题包括 :

1. 青藏高原地质过程 ;
2. 青藏高原第四纪环境演化 ;
3. 青藏高原活动构造与地壳稳定性 ;
4. 青藏高原地震与地质灾害及工程影响 ;
5. 地质力学创新发展方向。

会议期间将召开地质力学专业委员会 2005 年年会, 进行地质力学专业委员会换届, 并讨论李四光学术思想研究会筹备计划。