

郟(城)一庐(江)断裂带赤山段晚白垩世晚期以来构造应力场

姚大全 汤有标

(安徽省地震局)

摘要 本文依据对晚白垩世晚期和晚更新世地层中发育的共轭剪节理分析,结合野外地质调查、断层泥显微构造分析以及地应力测量和区域构造应力场演化特征分析,反演了郟一庐断裂带赤山段及近侧地区晚白垩世晚期以来的构造应力场,得到:Ⅰ期, σ_1 为近南北向,作用时间自古新世后至晚更新世之前;Ⅱ期, σ_1 为北东东—南西西至近东西向,作用时间始于晚更新世后,其影响可能延续至今。两期应力均以水平方式作用为主,且分别与宏、微观构造形迹相对应。

关键词 郟一庐断裂带赤山段 构造应力场 综合分析

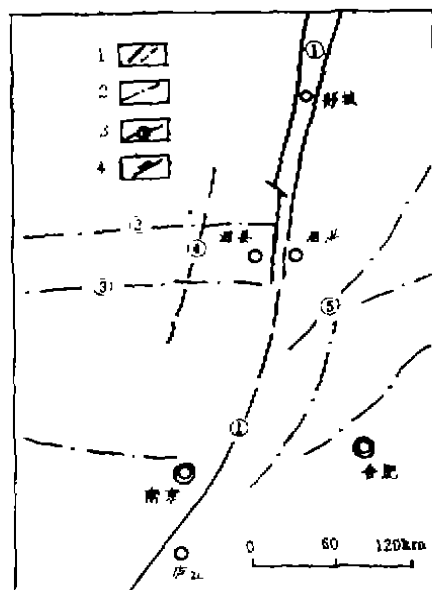


图1. 郟一庐断裂带赤山段构造位置图

Fig. 1. Tectonic location of the Chi Shan segment along the Tangcheng-Lujiang fault Zone

1. 实测和推测的活动断裂; 2. 隐伏的活动断裂; 3. 断裂名称及其编号; 4. 郟一庐断裂带赤山段;

① 郟庐断裂带; ② 宿北断裂; ③ 宿南断裂; ④ 刘集—刘桥断裂;
⑤ 嘉山—响水断裂。

一、研究区应力场分析的地质依据

位于皖北泗县北东部的赤山地区是郟一庐断裂带通过地区(图1)。晚白垩世晚期砖红色砂岩构成北北东向延伸的低矮山丘,其东侧为晚更新世含铁锰和钙质结核的褐黄色粘土。笔者在该地区进行活断层填图时经槽探发现砂岩以中低角度逆覆于粘土之上。发现较为罕见且能反映断裂突发性活动特征的逆断型崩积楔。另一方面,冲沟微地貌测量结果却显示冲沟在断裂出露处呈有规律的右旋转折,说明断裂最新活动方式为逆平移。此外,在靠近断裂的砂岩一侧

有北北东至南北向锯齿状延伸的张性结构面,并见有宽约1米的玄武岩脉状体充填其间^[1],暗示晚白垩世晚期以来断裂也曾有过引张的历史。

二、共轭剪节理产状要素的测量与处理

研究区晚白垩世晚期砂岩中共轭剪节理极为发育,为进行应力场分析提供了优越条件。晚更新世粘土中也见有共轭剪节理分布,虽尚未达到统计分析的密度,但已足以验证应力场演化提供佐证。

用共轭剪节理来确定主应力轴方位,关键是寻找特定构造应力作用下形成的共轭剪节理,即同期共轭剪节理的鉴别。一般认为^[1],同期生成的共轭剪节理以近乎90°(60°—120°)角相交切,具有近似的密度或近似的间距、近似的延伸长度和裂隙开度,都无或都有相同的充填物,常相互交切,并往往有微量错移(一组左行,一组右行)。

野外大致均匀布设观测点,每点先按上述原则鉴别出同期共轭剪节理,进行节理配套以作为节理产状要素统计分析时重要的对比参考依据;然后在每个观测点上随机统计测量一百余条节理产状数据。室内处理成图在PC—1500袖珍计算机上进行,采用的程序主要参照成都地质学院编的“构造解译软件”并作了相应地修改简化,使每点节理面极点优势方位(已据岩层产状扶平)等密度图和相应期次应力轴投影平面图连续绘制完成。求解三向主应力轴所用数据及处理结果综合列入下表(表1)中。

表1. 利用共轭剪节理求解三向主应力轴信息简表

(I:代表第一期应力场 II:代表第二期应力场)

Tab. 1. Information of calculating axes of principal stress depending on conjugate set of joints (I: the first stress field, II: the second stress field)

观测点	节理产状(度)		三向主应力轴(I)(度)			剪裂角(度)	节理优选产状(度)		三向主应力轴(II)(度)			剪裂角(度)
	A	A'	σ_1	σ_2	σ_3		B	B'	σ_1	σ_2	σ_3	
1							145/73	206/78	265/5	160/72	357/17	30
2							141/52	196/61	253/10	150/52	350/37	23
3	306/78	82/79	105/29	13/61	124/1	24	9/86	270/80	74/9	298/78	165/8	39
4							195/80	169/79	272/2	170/79	2/11	13
5	322/86	233/86	188/1	296/86	97/4	44	322/86	218/88	90/5	285/85	180/1	38
6	298/80	215/70	345/8	235/69	78/20	40	135/47	215/70	96/25	258/63	3/7	34
7	120/70	226/74	354/28	168/62	263/3	41	120/70	197/61	71/7	173/59	337/30	35
8	51/74	292/78	171/26	357/64	262/2	33	336/70	43/86	97/14	324/70	191/14	34
9	308/56	216/68	175/8	276/15	79/37	40	325/76	44/74	275/2	9/71	184/19	38

1) 万天丰, 构造应力场, 武汉地质学院北京研究生部, 1982。

三、构造应力场特征的综合分析

从共轭剪节理产状数据处理结合露头资料分析可得出以下主要事实：

(1) 共轭剪节理等密度图(图2)上节理面极点极密部位所对应的剪节理正是砂岩露

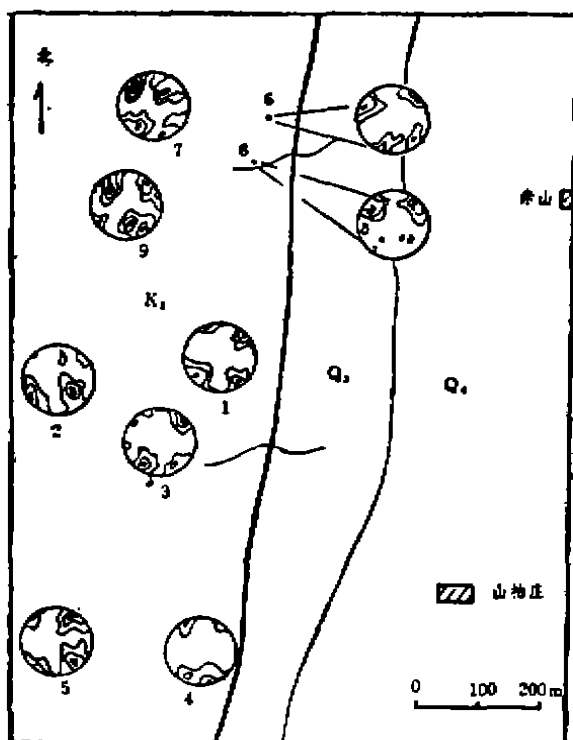


图2. 共轭剪节理等密度图

Fig. 2. Isodensity map of conjugate set of joints

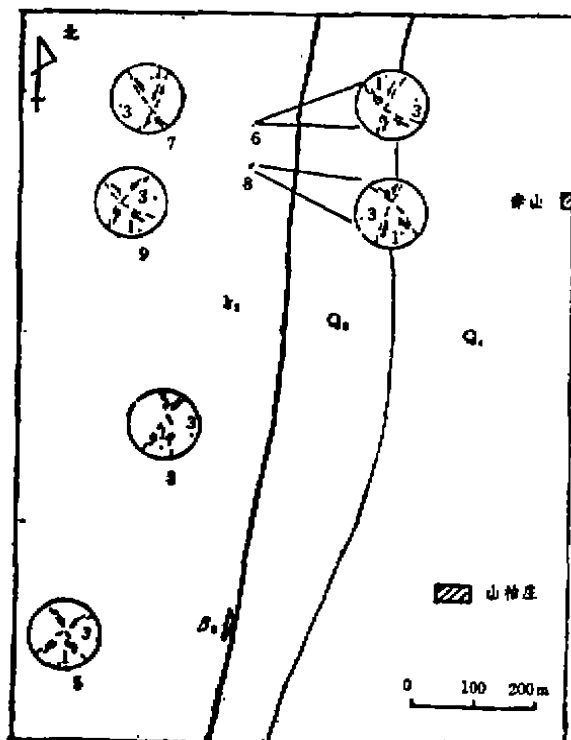


图3. 第一期(I)主应力迹线图

Fig. 3. Diagram of the first (I) trajectory of principal stress

头上最发育、穿切性最强的节理组，常以70°左右的角度相交切，其延伸长度和裂隙充填物特征极为相似，可见它们是同期形成的节理，等密图上次极密对应的却是露头上遭切割且发育程度较差的节理组。晚更新世粘土中经仔细观察，也发现有共轭剪节理散布，虽然这些节理的倾角等难以精确测量，但其延伸方向(节理走向)与等密图上的极密代表的节理展布优势方位却能大致吻合；而次极密代表的节理组在粘土中未见分布，这是相当期共轭剪节理生成于晚更新世后的直接证据。

(2) 绝大部分应力轴投影显示 σ_1 倾伏角从低角度至近水平，而 σ_2 倾伏角一般较大(表1)，反映区内应力作用方式以近水平推挤作用为主。

(3) 共轭剪裂角以30°—40°区间占优势(表1)，显示断裂变形方式以脆性破裂为主。

根据共轭剪节理产状数据分析结果给出了郅—庐断裂带赤山段晚白垩世晚期以来的两期应力迹线图(图3，图4)，

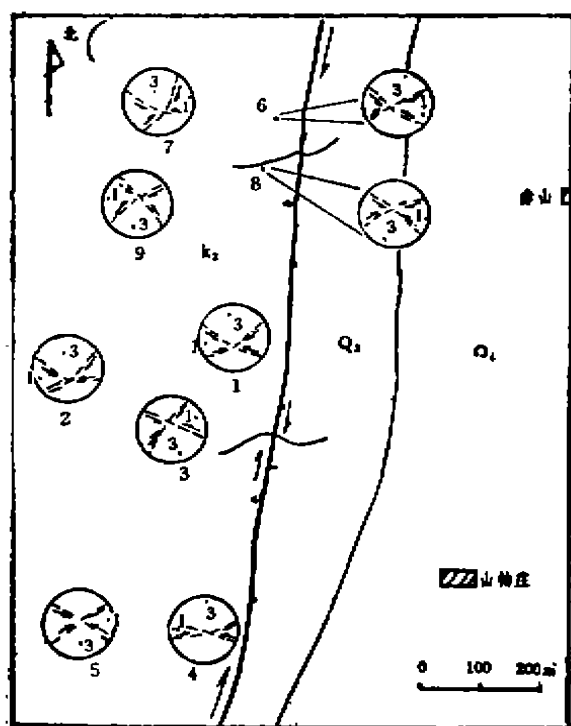


图4. 第二期(Ⅱ)主应力迹线图
Fig. 4. Diagram of the second (II) trajectory of principal stress
(图3, 4中“1”和“3”分别示 σ_1 和 σ_3 投影点)

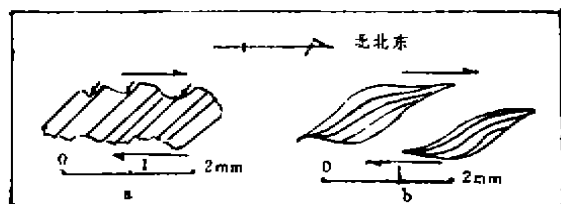


图5. 显微旋转应变标志图式
Fig. 5 A diagram showing the micro rotational strain marks
a. 长石“卡片垛”式剪切指示块体动向;
(B₁₄, 水平切片)
b. “云母鱼”示块体动向;
(B₁₈, 水平切片)

早期(I期)应力场的主要特征(图3): 最大主压应力轴(σ_1)投影方向近南北, 近东西向结构面受挤压, 近南北向结构面引张。这与砂岩中发育有北北东向锯齿状延伸的玄武岩脉和近南北向展布的张性构造面的事实是协调一致的。结合区域构造应力场演化特征分析^[2], 中生代末至新生代初, 本区处于广泛的隆起状态(以古新世地层缺乏为证); 早第三纪时, 本区开始受到北西—南东向的强烈拉张, 产生大规模的玄武岩浆喷溢活动, 而后期(晚更新世地层中)发育的挤压构造带包含有很多玄武岩碎块^[1], 据此推测张裂过程可能始于早第三纪而终止于晚更新世之前。

晚期(Ⅱ期)应力场的主要特征(图4): 最大主压应力轴(σ_1)投影方向为北东东—南西西向至近东西向。北北东向和近南北向结构面受斜向挤压。与此相对应, 郯—庐断裂带赤山段露头上构造形迹则显示断层呈逆冲加右平移特征。断层泥定向薄片上则见压碎、剪裂、错移和扭折等显微变形遗迹, 长石“卡片垛”式剪切和“云母鱼”等旋转应变标志有效指地示了断裂两侧作相向右旋扭动(图5)。

断层泥石英颗粒扫描电镜图象中则见大量撞击楔入现象和贝壳、次贝壳状断口等超微尺度上的变形标志^[1], 反映相当期应力场的持续作用曾造成应力在断层某些部位的积累和突然释放, 进而形成崩积楔、断层泥石英颗粒表面撞击楔入坑等快速变形标志(可能是古地震遗迹)。

据上述构造形迹所赋存的地质体时代, 此期应力场作用始于晚更新世以后, 且其作用可能延续至今。这是因为这期应力场特征与依据区域震源机制解分析和地应力测量所获得的结果是近于一致的(表2,

表2. 测区附近地应力测量成果

Tab. 2. Results of ground regional stress measurement

地 点	时 间	深度(米)	地层时代 岩 性	最大主应力 N/Cm ²	最小主应力 N/Cm ²	最大剪应力 N/cm ²	最大主应力 方 向
定 远	1970年10月	7.06~14.97	Є ₂ 灰岩	398.9±33.3	198.9±18.6	100.0	N50°E
宿 县	1970年10月	4.63~10.35	Є ₂ 灰岩	460.6±38.2	262.6±33.3	99.0	N86°E

本表资料来源于曾秋生

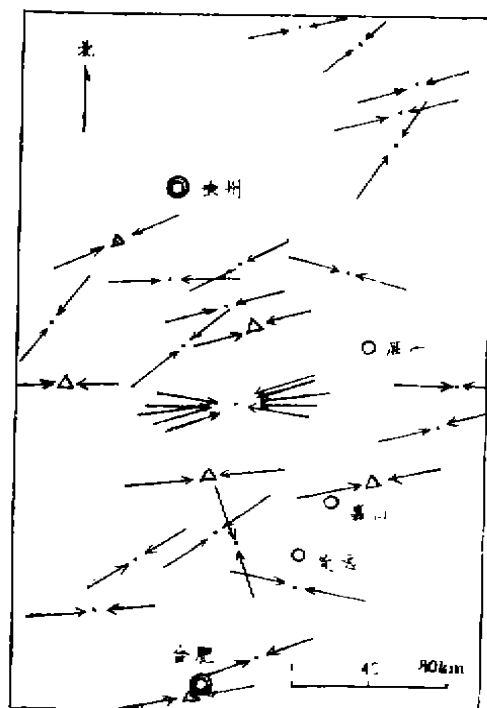


图6. 区域现今构造应力场状况

图6. State of regional current tectonic stress field

→·←震源机制应力场; →△←台站小震平均应力场;

文中主要讨论的虽只是较小区域内断裂两侧应力场的演化特征,但我们觉得它是了解验证所在的大区域范围内应力场演化的一个“窗口”。正因为研究的区域小,似“解剖麻雀”,可以综合更多方面的资料通过不同尺度的构造解析反演构造应力场,再将其与大区域的资料进行对比分析,所得的结论也许更为客观、可信。

1) 汤有标、曹定南, 华北东南部及邻区现今构造应力场的初步探讨, “构造物理学学术讨论会”论文, (待刊), 1988,

- (1) 汤有标、姚大全, 祁—庐断裂带赤山段晚更新世以来活动性, 中国地震, 第6卷, 第2期, 1990.
- (2) 张裕明等, 华北东部新生代构造应力场变化之探讨, 地震地质, 第1卷, 第1期, 1979.

THE COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE TECTONIC STRESS FIELD SINCE LATE CRETACEOUS IN THE CHI-SHAN SEGMENT OF THE TANGCHENG-LOUJIANG FAULT ZONE

Yao Daquan Tang Youbiao

(Seismological Bureau of Anhui Province)

[Abstract] Depending on the analysis of conjugate shear joints in the upper Cretaceous and upper Pleistocene, combining with the geological survey of field and analysing microstructures of gouge, focal-mechanism solution, ground stress measurement, the evolution of regional tectonic stress field and the tectonic stress field since the late Cretaceous in the Chi-Shan segment of the Tangcheng-loujiang fault zone, Some results are gained showing in the following:

I. Q: N-S to NNE-SSW (action direction), E-Q₃ (action time).

II. Q: NEE-SWW to E-W (action direction), Q₃-Present (action time).

All of these lie nearly horizontally. They are always in accordance with traces of the macro-microstructures

[Key words] The Chi-Shan segment of the Tang-Lu fault zone, tectonic Stress field, Comprehensive analysis