

邵武—河源地震带中段地震活动趋势讨论

吕浩江

(泉州基准地震台)

彭美凤

(闽赣地震研究所)

林建生

(泉州基准地震台)

p315.5

提要 邵武—河源地震带中段从1978年以来出现一次地震群体活动,属于该地震带第Ⅱ活动周期的第Ⅳ活动幕,现已转入这次活动幕的尾声,分析该区历史和现今地震活动特征及其应力状态,认为该区震源构造应力已整调、处于松弛状态,未来一段时间的地震活动将向起伏性减弱趋势发展。

关键词 邵武—河源地震带 地震活动幕 应力状态 地震趋势

构造应力场, 震源,

邵武—河源地震带中段,即大致在 $\varphi_N 24.6^\circ-26.5^\circ$, $\lambda_E 117.0^\circ$ 以西的闽、赣、粤三省交界地区。本区自1978年以来中、小地震活跃,尤其是1987年8月2日在寻乌发生 $M_D 5.7$ 级震群型地震¹⁾,1988年9月18日在长汀发生 $M_L 3.9$ 级前—主—余震型地震,更是引起人们对该区地震活动趋势的关注。本文谨就此问题谈一点认识。

一、地震活动的地质背景

本区位于东南沿海断块隆起区的西侧,是断裂、断块活动的地区。据某些地球物理资料载,本区正处于闽西较强负磁异常向西转向弱正异常带上⁽¹⁾。

区内主要有南岭东西向构造,北东、北北东向,北东东向,北西向及环状构造等5组断裂构造(图1)。

北东、北北东向断裂构造主要包括邵武—河源断裂带如 F_2 、 F_3 断裂与于山构造带如 F_4 、 F_5 断裂。本组断裂构造是中、新生代以来主要活动断裂。早期有强烈的挤压,晚期有明显的张裂,它是控制本区中、新生代以来的岩浆活动、红色断陷盆地、现代温泉与地震活动的主要构造。如石城—寻乌红色断陷盆地即是它的典型代表。

北东东向与北西向两组断裂,是在南岭东西向构造与北东、北北东向断裂构造等相互复合作用下,发育起来的新活动断裂。它们主要展布在龙南—周田及其以南地段和瑞金——长汀以北地段。从近期地震活动揭示,这两组活动断裂具有正断层性质系值得注意的重要发展构造。

二、地震活动特征

邵武—河源地震带是一条中、强地震带,本区又是该地震带内主要地震区之一。历史和现今地震活动特点是:

1) 据福建、江西地震目录,以下均同

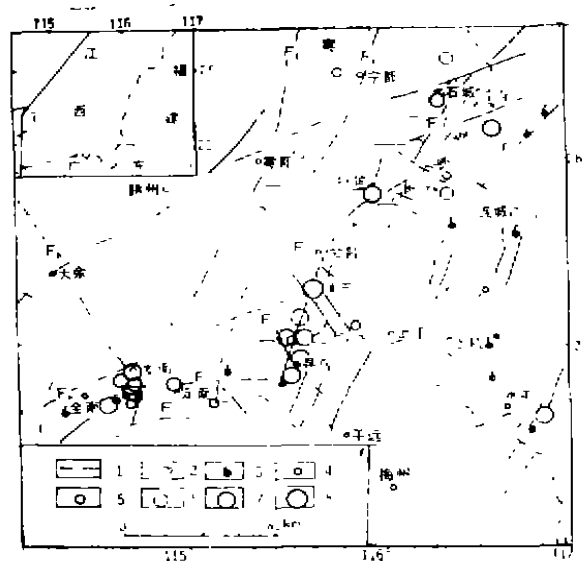


图1 邵武—河源地震带中段地质构造及震中分布图
(据赣南构造体系研究组1978年成果编制)

Fig. 1 Geologic structure and epicentre distribution in the middle seismic zone of Shaowu—Heyuan

1. 断裂; 2. 白垩—第三系红层盆地; 3. 温泉 ($\geq 80^{\circ}\text{C}$); 震中; 4. $M_L 3.9$; 5. $M_L \geq 4.0$; 6. $M_L 4.75-4.9$; 7. M (包括 M_D) 5.0; 8. $M \geq 6.0$; F_1 三南—寻乌断裂; F_2 清流—河田断裂; F_3 石城—寻乌断裂; F_4 零山东侧断裂; F_5 零山西侧断裂; F_6 龙南—周田断裂; F_7 定南—寻乌断裂; F_8 大余—龙南断裂; F_9 鸡笼障—寻乌断裂; F_{10} 会昌—上杭断裂; F_{11} 铁长乡断裂。

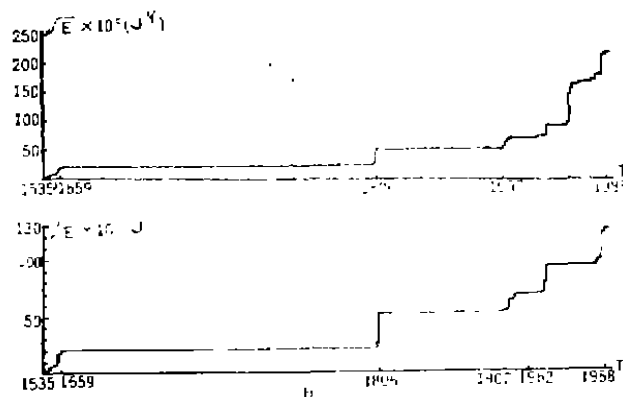


图2—1 邵武—河源地震带应变释放曲线
(a) 全带; (b) 中段

Fig. 2—1 Strain release curve in Shaowu—Heyuan seismic zone

1. 地震的时间分布

本区地震活动的时间分布是不均匀的, 表现为平静和活动的交替性, 并与该地震带的南段, 即河源段的地震活动, 组成统一的周期性活动。据文献^[2]关于划分地震活动期、活动幕的原则:

(1) 一个活动周期释放总应变能 $\Sigma \sqrt{E}$ 约相当于 6.5 ~ 7.0 级地震的能量;

(2) 活动周期的活跃期大释放幕发生的最大震级 $M_{\max} \geq 6.0$ 级;

(3) 在活跃期各活动幕的最大震级应在 $M \geq 5.5$ 级左右。

我们将该地震带从1500年以来的地震活动划分为两个周期。其中第I周期的起始时间, 活跃期间发生几次活动幕等, 因地震史料遗漏, 目前尚难分析清楚; 第II周期的地震资料相对较全, 其活跃期的地震活动幕划分见图2—1、表1。

从图2—1、表1可以看出, 该地震带在第II周期已经历I—IV地震活动幕, 目前正处于第IV活动幕的尾声。从前3次活动幕分析, 在最大震级发生之后, 还将要再持续一段时间才会转入平静幕的。

2. 空间分布

(1) 震中迁移: 第II周期第IV活动幕的最大震级, 即1987年8月2日寻乌 $M_D 5.7$ 级地震之前, 先在本区北部的宁都发生 $M_L 4.4$ 级地震 (1978

表1 第Ⅱ周期的活跃期的地震活动幕

Tab. 1 The seismicity screen at the active period of second cycle

幕次	起始—终止年	高潮年	最大震级 M	最大震级 间隔(年)	主要活 动场所	备注
I	1907—1914	1910	5.5		中段	资料有遗漏
II	1926—1948	1941	5.75	31	中段	资料尚有缺失
III	1961—1977	1962	6.1	21	南段	
IV	1978—至今未完	1987	MD5.7	25	中段	

06 27), 随后大致沿于山断裂构造往南迁移; 1982~1987年中小地震大致集中在三南—武平之间, 呈向北东东定向跳迁, 同时在寻乌—平远—台湾海峡南部之间, 呈北西定向跳迁; 在寻乌MD 5.7级地震之前, 上述北东东、北西向震中迁移指向寻乌。在MD 5.7级地震之后, 震中迁移方向转为主要由寻乌往外迁移, 如长汀1988年9月18日ML3.9级地震即是一例(图2—2)。

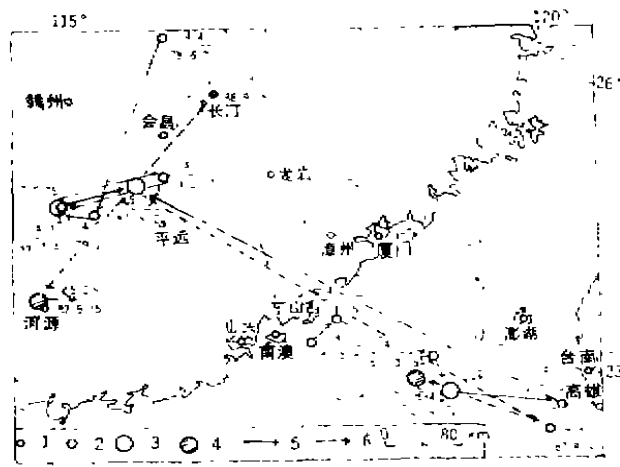


图2—2 邵武—河源地震带中段寻乌MD 5.7级(1987年8月2日)地震前、后震中迁移(1978年6月27日—1988年资料据福建、江西台网观测纪录)

1. $M_L \geq 3.9$; 2. $M_L \geq 4.0$; 3. M (包括MD) ≥ 5.0 ; 4. 圈内加斜线示震后; 5. 示震前, 迁移方向; 6. 示震后迁移方向

Fig. 2—2 A earthquake of $M_d = 5.7$ on 2, Aug. 1987, in Chenwu at the middle seismic zone of Shaowu—Heyuan

(2) 地震条带: 在寻乌MD 5.7级地震前, 本区南部出现两条中小地震活动条带: ①龙南—武平北东东向条带; ②寻乌—台湾海峡南部北西向条带(图2—3)。其中, 第①条带大致在1985年6月龙南小震群发生之后开始出现; 第②条带却是在1986年10月台湾海峡南部5.4级地震发生之后才逐步显示清楚, 其形成较迟, 但长度达400km。寻乌MD 5.7级地震即发生在此两条带交汇处。寻乌地震之后, 上述地震条带趋向消失。然而1988年9月18日长汀发生了ML3.9级地震, 震中正好落在图1环状构造周边的北段, 填补了近期沿环状构造周边小震震中分布的

“空白”, 形成了有趣的“地震活动圈”。该环状构造核心由燕山早期花岗岩与混合岩组成, 新生代以来转为相对稳定。笔者认为它不属强震之前的“空区”(图2—4)。

3. 地震强度

(1) 应变能释放: 本区在第I周期活跃期段的大释放幕是很清楚的。本文对该幕的应

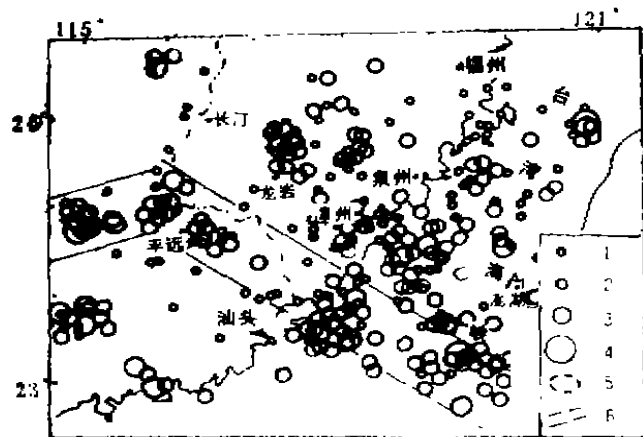


图 2—3 寻乌 M_D 5.7 级地震前的地震活动条带
Fig. 2—3 The stripe of seismicity before the earthquake of $M_D=5.7$ in Chenwu

1. $M_L=2.5-2.9$; 2. $M_L=3.0-3.9$;
3. $M_L=4.0-4.9$; 4. $M_S \geq 5.0$;
5. 震群; 6. 条带

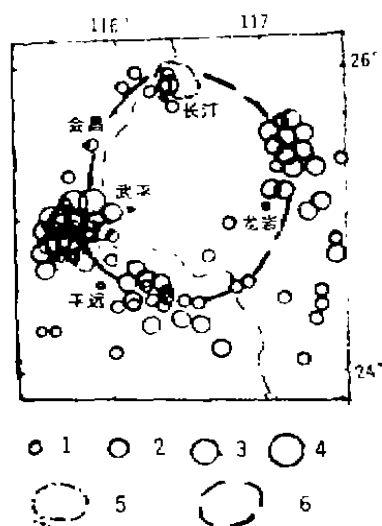


图 2—4 邵武—河源带中段地震活动图
Fig. 2—3 The seismicity segment at the middle seismic zone of Shaowu—Heyuan

1. $M_L=2.5-2.9$, 2. $M_L=3.0-3.9$;
3. $M_L \geq 4.0$; 4. $M_S \geq 5.0$;
5. 小震群; 6. 空区

变能释放, 以及对第 II 周期活跃期段发生在本区的第 I、II、IV 活动幕的应变释放进行统计, 并对第 IV 活动幕震中集中的地区, 即龙南—寻乌的应变能释放作图, 其结果如表 2、图 2—5。

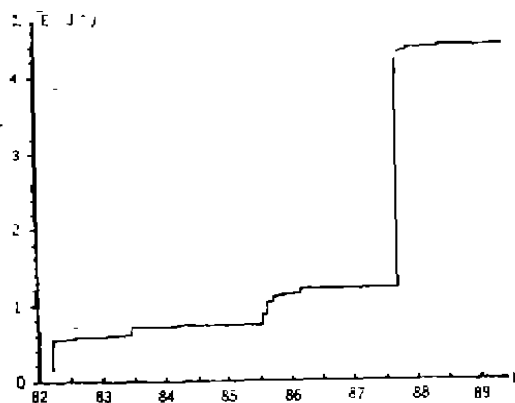


图 2—5 龙南—寻乌 1982 年至 1989 年应变释放曲线 ($M \geq 1.0$)
Fig. 2—5 Strain release curve from 1982 to 1989 in Longnan—Chenwu

由表 2、图 2—5 看到本区未来一段时间内发生强震的可能性较小。

(2) 震级—累积频度: 取 1520—1988 年发生的 $M \geq 4.75$ 级地震次数, 作震级—累积频度关系图 2—6, 得频度与震级之间的关系式:

$$\lg N = 5.784 - 0.952M \quad (1)$$

从式中求出 $M \geq 4.75$ 级地震的平均年发生率值如表 3。

从上表估计未来一段时间内尚有发生 $M \leq 5.0$ 级地震 1 震次的可能性。

(3) 地震活动度 S 值: 对区内两个中小地震活动区的地震活动度 S 值作统计 (图 2—7)。

从图 2—7 看出: I 区 $S_{0.01}$ 值为

表2 地震活动幕应变能释放

Tab. 2 Strain energy release of seismicity screen

周 期	活 动 幕	时间 (公元年)	$e\sqrt{E} \times 10^2$ (焦耳) ^{1/2}
I	大释放幕	1804~1806	29.59
II	I	1907~1914	16.39
	II	1926~1948	28.99
	IV	1978~1988 (未完)	31.14

表3 邵武—河源地震带中段 $M \geq 4.75$ 级地震平均年发生率值 (1520~1988)Tab. 3 Value of average year occurrence of earthquakes ($M \geq 4.75$) in the middle seismic zone of Shaowu—Heyuan (1520—1988)

震级 (M)	≥ 4.75	≥ 5.0	≥ 6.0
应发生数	18	10.6	1.2
年平均发生率	0.039	0.023	0.003
已发生数	17	10	1

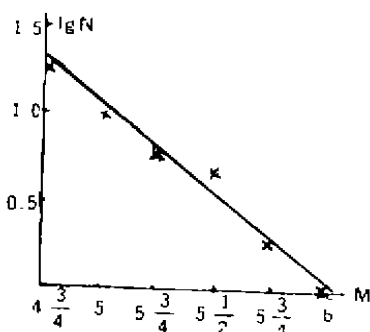


图2—6 邵武—河源地震带中段
震级—累积频度关系 (1520—1988)
Fig. 2—6 Curve of magnitudes
—cumulative frequency in the middle se-
ismic zone of Shaowu
—Heyuan

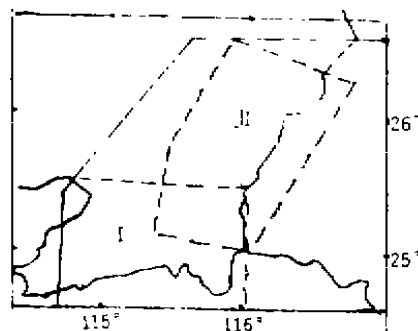
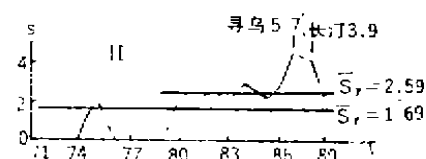
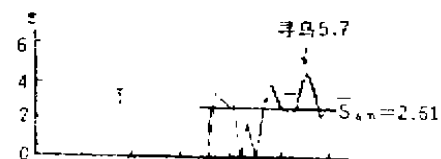


图2—7 地震活动度S值曲线图
Fig. 2—7 Curve of S
value of seismicity

2.61, 可见在龙南先后发生的5.0级(1982年), $M_L 4.0$ 级震群(1985年)及寻乌 $M_D 5.7$ 级震群时段, 其 \bar{S}_m 值超过 \bar{S}_m 值, 目前 \bar{S}_m 值曲线在 \bar{S}_m 值线附近波动。Ⅱ区由于1980年以前缺漏地震资料, 因此在计算出1971~1989年的 \bar{S}_m 值同时, 又增加统计1980年以来的 \bar{S}_m 值, 前者为 $\bar{S}_m=1.69$, 后者为 $\bar{S}_m=2.59$, 它明显表示1980年以来 S_m 值上升, 目前 S_m 值已下降至2.59值线之下, 因而表明地震活动趋向减弱。

三、震源机制与应力状态

1. 震源机制

据前人及本文所作的震源机制解结果归纳于表4和图3—1。

从表4、图3—1可以得到认识:

(1) 地震断层面: 上述10个震源机制解, 其中No. 1、3、4、5、10等5个断层面, 可以结合宏观等震线或余震区长轴方向, 作出初步的推断, 列于表5。

(2) 断层面错动类型: 从图3—1 B反映, 无论是可推断或难作推断的震源断层面, 均可归属正倾滑类型。

(3) 震源应力场: 除No. 1、7P轴方位近东西向外, 其余P轴优势方向为北西、北西西向。结合No. 9的小震综合断层面解P轴方位 294.7° , 初步认为研究区的区域构造应力场以北西向水平挤压应力作用为主, 并迭加来自深部的垂直向上的张应力作用, 其推测根据是本区P轴仰角, 除No. 3、7、8为 $10\sim 19^\circ$ 外, 均在 35° 以上。

2. 应力状态

本区缺乏地应力实测资料, 仅借助应力、应变能释放, b值及小震应力降等地震活动参数给予判断。关于应力、应变能释放已如上述。

b值是反映一个地区承受平均应力和接近强度极限的程度^[3]。邵武—河源地震带是一条中、强地震带, 并已经历了两个地震活动周期。取该地震带及研究区从1520年至1988年的地震资料, 用最小二乘法计算的b值, 可视为该地震带、研究区的稳定b值, 并以些作为正常

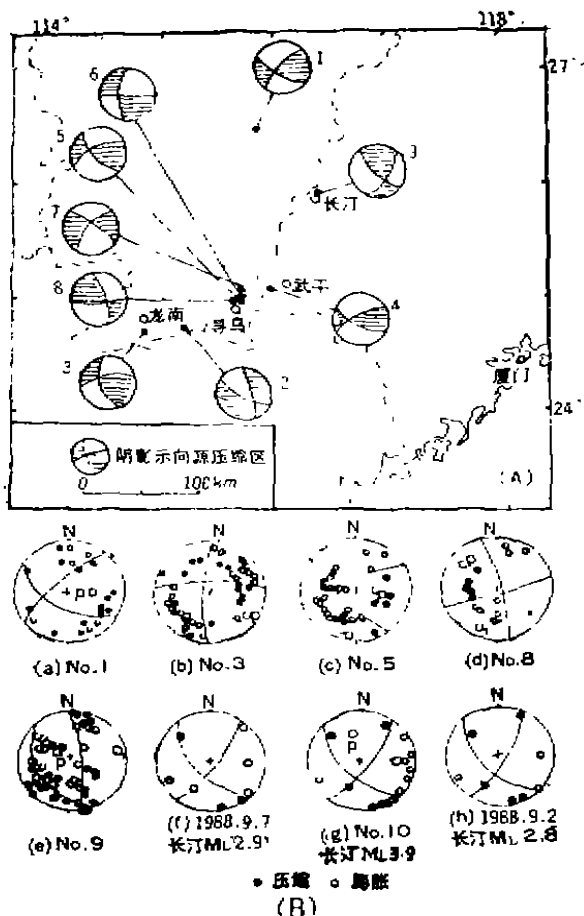


图3—1 邵武—河源地震带中段震源机制解
Fig. 3—1 Focal mechanism solution
in the middle seismic zone of
Shaowu—Heyuan

表4 郛武—河源地震带中段震源机制解

Tab. 4 Focal mechanism solution in the middle seismic zone of Shaowu--Heyuan

编 号	发震日期		震中位置		震级 M (MLMD)	地点		A 节面		B 节面		P 轴		T 轴		资料来源
	年	月	日	φ_N	λ_E			走向	倾向	走向	倾向	方位	仰角	方位	仰角	
1	1978	06	27	26.5	115.8		宁都	43	SE	70	NE	86	41			王琄琄
2	1979	01	07	24.7	115.2		定南	167	SW	75	NE	282	57			王琄琄
3	1982	02	25	24.7	114.8	5.0	龙南	80	SSL	79	NEE	124	10	215	6	王琄琄
4	1983	05	12	25.1	115.9		武平	63	SE	55	NNE	98	64	177	5	柯龙生
5	1987	08	02	24°58'	115°39'		寻乌	70	160	65	49	102	45	199	2	彭美凤
6	1987	08	03	25.0	115°39'		寻乌	90	180	60	77	125	37	219	5	彭美凤
7	1987	08	15	25.013	115.617		寻乌	125	129	75	35	83	19	351	4	彭美凤
8	1987	08	31	24°58'	115°37'		寻乌	83	353	75	260	307	15	215	5	彭美凤
9	1987 08 03 至 1987 08 20						寻乌	小震综合解 327	247.9	32.8	283.6	294.7	71.7	73.0	13.9	陈祥熊等
10	1988	09	18	25.9	116.4		长汀	311	NE	50	NW	344	35	88	20	柯龙生等 (包括 图3-1B之f·h)

表5 地震断层面
Tab. 5 The seismic fault plane

编号	极震区长轴方向	余震区长轴方向	代表震源断层面节面
1	北东		A
3	北东东		A
4	北东东		A
5	北西	北西	B
10	北西	北西	A

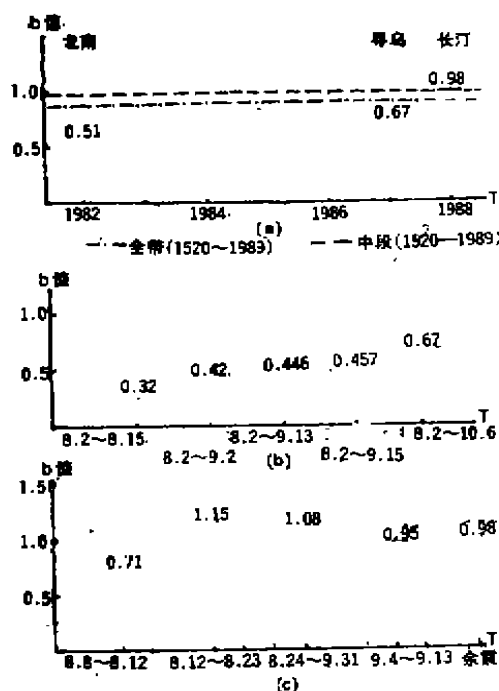


图3—2 邵武—河源地震带中段的b值变化
(a) b值随时间变化, 1982—1988;
(b) 寻乌M_D 5.7级序列b值变化;
(c) 长汀M_D 3.9级序列b值变化。

Fig. 3—2 The Change of b value with time in the middle seismic zone of Shaowu-Heyuan

值。然后用同法计算出近期 b 值并与其正常值比较, 示于图 3—2。

图 3—2 显示在寻乌 M_D 5.7 级震之前 b 值下降, 反映研究区震源 应力场处于应力、应变加强状态; 震后 b 值上升: (1) 从图 3—2b 显示寻乌 M_D 5.7 级震群序列 b 值呈缓慢上升; (2) 长汀 M_L 3.9 级前一主一余震序列均为高 b 值, 但呈起伏性变化 (图 3—2c)。以上两个完整地震序列反映了震源应力由加强向调整应力状态转化的变征。

关于应力降问题, 某些单轴压缩下岩石破裂实验展示出破裂时的应力降与外加载荷成正比^[4]。陈祥熊等 1989 年取寻乌震群近场观测记录, 用圆盘破裂模式计算, 得到该震群的 4 次较大地震应力降 (表 6)。

尽管缺乏整个寻乌震群的应力降测定参数可资比较, 但上述 4 次较大地震却反映了 M_D 5.7 级之后的小震应力很降低的状况, 表明震源区构造应力处于松弛状态。

四、讨 论

邵武—河源地震带中段近期中小地震活动是一次地震群体活动, 本文将它划分属该地震带第 II 周期的第 IV 活动幕, 并已经历过起始—高潮活动段, 现处于这一活动幕尾声了。未来地震活动将呈起伏性衰减趋势, 并将持续一段时间。根据本区的应力、应变能释放特征, 震级—累积频度, 地震活动度与应力状态

表6 寻乌震群4次较大地震应力降

Tab. 6 The stress drop of four earthquakes in Chenwu

发 震		时 间			震中位置		震级	平均应力降 $\Delta\sigma$ (10^{-8} 帕)
年	月	日	时	分	φ_N	λ_E		
1987	08	14	05	18	25.030	115.638	M _L 3.9	375.5
1987	08	14	14	30	25.348	115.649	M _L 3.3	8.2
1987	08	15	00	59	25.013	115.617	M _D 5.0	617.0
1987	08	20	22	48	24.981	115.672	M _L 3.6	280.0

等综合分析,推断在未来一段时间内,发生强于寻乌M_D5.7级地震的可能性较小,但仍存在有发生小于M_D5.0级地震的可能性。

参 考 文 献

- [1] 任国泰等,关于福建及邻近地区地壳深部场源异常研究,地球物理学学报,1985, 28, (6)
 [2] 马宗晋等,1966—1976年中国九大地震,地震出版社,1982.
 [3] 闻学泽,从地震活动参数估计鲜水河断裂的近期活动,地震学报,1986, 8, (2),
 [4] 朱传镇,海城地震前震序列特征的研究,中国地震,1986, 2, (1)。

DISCUSSION ON THE SEISMICITY TENDENCY AT THE
MIDDLE SEISMIC ZONE OF SHAOWU—HEYUAN

Lu Haojiang and Lin Jiansheng

(Standard Station in Quanzhou)

Peng Meifen

(Seismological Institute of Fujian and Jiangxi)

[Abstract] Since 1978, the activity of one earthquake swarm is appeared in the middle seismic zone of Shaowu Heyuan, which belongs to the fourth screen of the second active period and now it moves on to an end of this active screen. By analysing the characteristics and stress state of historical and present seismicities, it is thought that the source structural stress in this area is in the state of adjustment and flaccidity and the seismicities in the coming period of time will develop in the tendency of rising and falling and then go to the tendency of subsidence.

[Key words] Seismic zone of Shaowu-Heyuan; Seismicity screen; Seismic tendency; Stress state