

广东莲花山断裂带的新构造运动特征

黄玉昆 张 珂

(中山大学地质系)

提要 莲花山断裂带是我国东南陆缘带中的一条重要的深大断裂带。本文从古夷平面、水系形态、河流阶地及断裂活动形迹等方面,探讨了该断裂带广东大陆部分的新构造运动特征,认为在新构造运动时期,莲花山断块隆起区至少上升了1000米;文中指出,莲花山断裂带的早期($E_3 \sim N_2$)主压应力方向为北东—南西向,晚期(N_2 末— Q)转为北西西—南东东向,这一转变系与太平洋板块向欧亚板块的俯冲有关。

前 言

广东莲花山断裂带北起大埔,南及深圳¹⁾,全长360公里,呈北东45°左右展布,是我国东南陆缘带中的一条著名的深大断裂带,地貌上表现为地垒山系,地垒两侧分别为五华—深圳断裂和大埔—海丰断裂,此外还发育一系列与之近于直交的北西向断层(图1)。

莲花山断裂带的活动历史,最早可追溯到震旦纪,经过加里东、印支—燕山等构造运动,形成了一条复杂的构造岩浆带、动热力变质带以及复式褶皱带和断裂构造带。新生代以来,断裂带进入了与前不同的崭新发展阶段,新构造运动结束了本区晚白垩世末—早第三纪初的宁静状态,断裂复活,准平原解体,形成了现今所见的宏伟山脉。据此,本文主要从古夷平面、水系形态、河流阶地以及新构造形迹等方面,探讨莲花山断裂带的新构造运动特征。

一、古夷平面反映的新构造运动特征

所谓夷平面,是地壳长期稳定下,各种外力地质作用对地面进行侵蚀、剥蚀形成的一个近似平坦的地面,也称准平原面,夷平面抬升后即成为残留在山坡或山顶的古夷平面^[1]。

一般说来,古夷平面能反映构造抬升量,如果从众多的山体中鉴别出古夷平面,就能把内力作用从内外力综合作用的结果中“筛分”出来。因此古夷平面能为新构造研究提供重要信息。

根据对华南沿海区域下第三系沉积相及珠江口盆地等的构造资料分析,表明包括莲花山断裂带在内的华南沿海广大地区,早第三纪早、中期曾出现过大面积的准平原化^[2,3,4],

1) 莲花山断裂带抵达深圳后,往南再经香港,珠江口的大小横琴、三灶岛、台山的上下川岛,然后没入海中,这里仅讲到深圳、是指广东陆地部分而言。

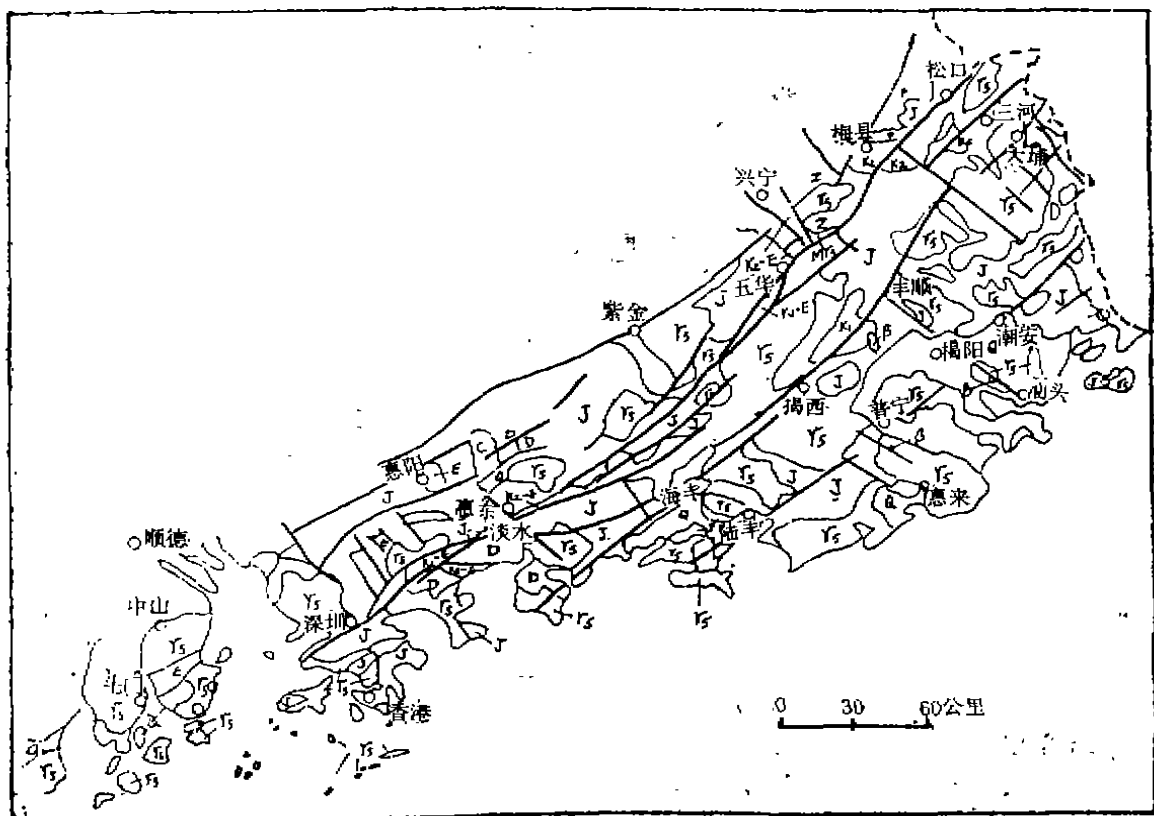


图1 莲花山断裂带地质简图

Fig. 1 Geologic map of Lianhuashan fault zone

大约从渐新世开始, 本区才结束了较长时间的宁静状态, 原先广阔的准平原面开始解体。地壳间歇性地抬升, 使山前出现了多级高度不等, 宽窄不一的剥蚀面 (即古夷平面)。

过去有不少学者对粤东地区的古夷平面作过研究, 但由于传统方法的限制, 所鉴别出的古夷平面分布较为零散。研究方法也多偏重于野外考察和室内作地形剖面, 这两种方法都有一定的局限性, 除了工作量太大之外, 还因为古夷平面往往残缺不全, 很难保证剖面能切过所有的古夷平面, 结果损失了大量的信息。另外, 夷平面只是一个近似平坦的面, 其中仍有不少起伏, 与非夷平面之间并没有明确的界线。对于已被抬升并遭受外力破坏而残留的古夷平面, 尤其是位置较高者说来, 界线就更加模糊了。古夷平面是一个没有明确内涵和外延的概念, 用传统的方法, 很难找到一个合适的判别标准。实际上, 我们往往只能说某一个面在多大程度上属于古夷平面。针对这种模糊性, 我们试用模糊数学的方法判别古夷平面。具体方法是建立古夷平面的模糊数学模型 (模型将另文介绍)。依据这一模型, 对莲花山断裂带内分布高程不同的古夷平面进行鉴别, 得出如图2所示的古夷平面高程等值线图。

从图2中可见, 等值线分布具有明显的方向性, 总体走向北东, 与区内主干断裂 (五华——深圳、大埔——海丰断裂) 走向一致, 少量呈北西或近东西向, 分别平行于区内几条主要的北西向断裂 (如潮州——留隍、丰顺——桑浦山、惠东——吉隆断裂) 或东西向断裂 (如公平断裂), 等值线形态也与不同方向断裂所夹持的块体形态相似, 各块体的最低等值

线往往大致与主断裂重合，而各块体间最高一级古夷平面的高程则不同。这些特征表明：古夷平面分布严格地受断块控制，显示莲花山断裂带的新构造运动特征是块断运动。

用模糊分级的方法^[5]，对已鉴别出的莲花山断裂带的古夷平面进行分级，其结果如表1所列。

表1 莲花山断裂带古夷平面分级

Table 1 Classification of anciant peneplans in the Lianhuashan fault zone

级 别	I	II	III	IV	V
高程(米)	50~70	100~150	210~260	320~350	430~450
级 别	VI	VII	VIII		
高程(米)	650~660	830~850	1000~1040		

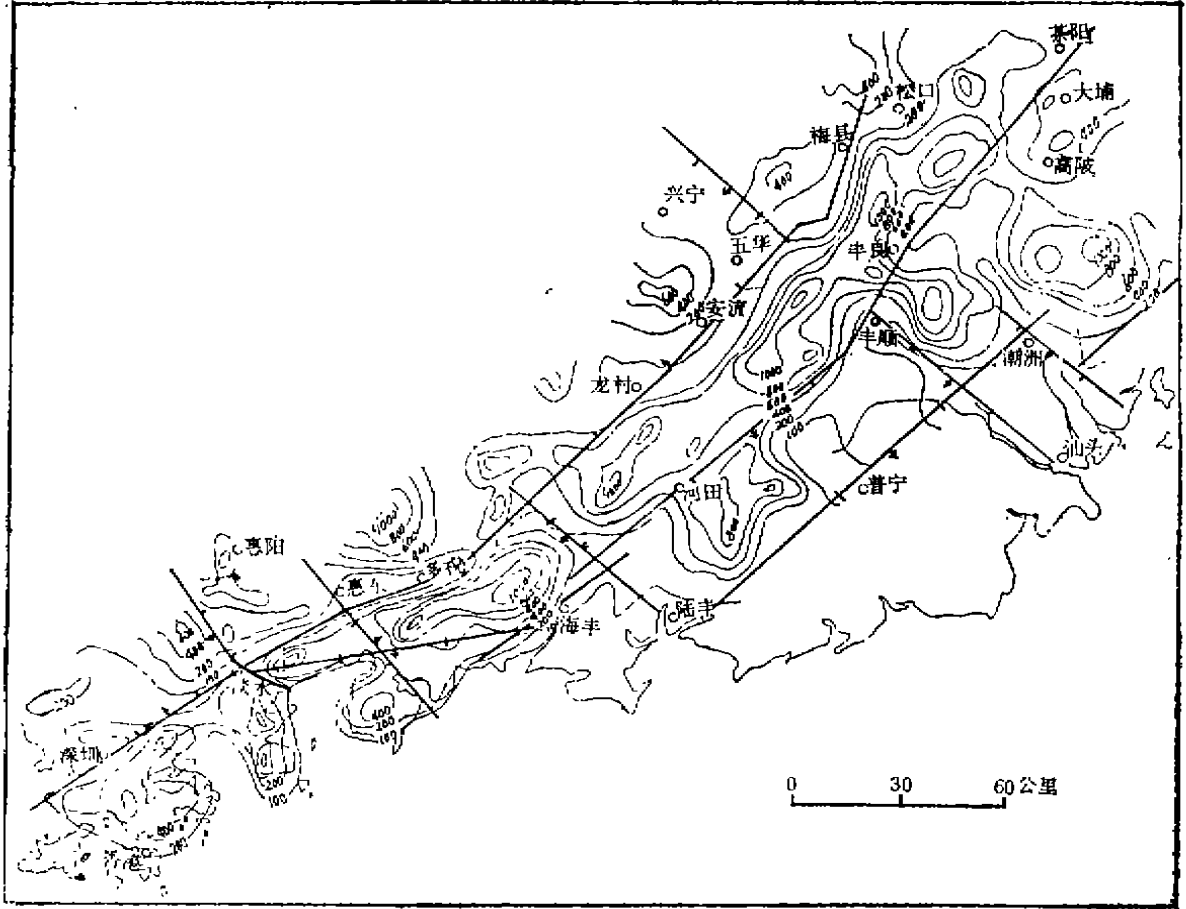


图2 莲花山断裂带古夷平面高程等值线图

Fig.2 Height isopleth of anciant peneplans in the Lianhuashan fault zone

从表1及图2中可以看出:莲花山地垒区,以惠东——吉隆断裂为界,界线以南,残留若干个高程为650~660米的古夷平面,虽分布零星,但高程近似,且分布范围广;而在该断裂以北,广泛发育1000~1040米高程的古夷平面,这两个古夷平面,可能是华南地区早第三纪的古准平原面,只是后来由于断块运动才分裂成高低不一的古夷平面。本区最低一级古夷平面分布于淡水一带,高程50~70米,包含晚白垩世——早第三纪初的红岩和早石炭世灰岩,其上为上更新统不整合,这个不整合面代表一次均夷过程,表明最低一级古夷平面形成于晚更新世以前,应是莲花山断裂带古夷平面形成的上限时间。其他各级古夷平面的年龄在渐新世到中更新世,是地壳间歇性抬升的结果。在最高一级古夷平面上虽散布有更高的山峰,如莲花山1336米,铜鼓嶂1559米等,但它们可能是原来准平原上的残丘,不能用来估算新构造抬升量。

古夷平面高程一般可以代表新构造抬升量。本区最高的古夷平面大约为1000米,由此表明,本区自渐新世以来,至少抬升了1000米。另外,因五华——深圳断裂倾向北西,大埔——海丰断裂倾向南东,从图2可见,两断裂均为下盘抬升,上盘下降,故都为正断层;同理,北西向断层亦多表现为正断层,如留隍——潮州断裂,丰顺——桑浦山断裂等,但它们多控制第四系,且受北东向断裂限制,暗示北西向正断层开始活动的时间要晚于北东向正断层开始活动的时间。

二、水系形态反映的新构造运动特征

莲花山断裂带的水系受断裂控制比较明显,不但表现在河流平直、河谷狭窄、河床往往与断裂重合等;而且还表现在整个水系格局也与构造格局一致(图3)。研究表明,河网的分布易受新构造断裂控制,这是因为新构造断裂发生的时间较晚,很少或没有被充填胶结,特别是张性断裂,断裂岩更加疏松,易受侵蚀,形成河道^[6]。因此河流流向的优势方位,往往代表了新构造张性断裂的方向。假如不同级别的河流优势方位不同,就很可能反映断裂的性质及控制断裂活动的区域应力场发生变化。

研究河流的优势方位,近年来一些学者采用折线统计的方法。^[7,8]为了进一步研究新构造断裂的演变,有必要把级别不同的河流分开进行统计。一般说来级别高的河流形成时间早,级别低的河流形成时间晚。本文按A·N·Strahten(1953)的河流分级方法^[8]先对河流进行分级(以1/20万地形图为标准)然后分别作出不同级别的水系折线玫瑰花图(图4)。从图4中可以看出:一、二、三级水系的优势方位均为北西向,而四级以上(包括四、五、六、七级)河流的优势方位明显转为北东向。如上所述,水系分

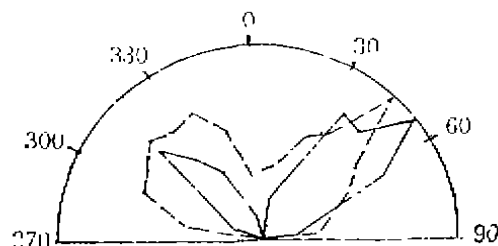


图3 断裂走向(虚线)与水系折线(实线)玫瑰花图。

示水系分布受断裂控制(河流折线数2781条总长7900公里,水系折线与断裂用走向和长度表示)。

Fig. 3 Rosy flower map of rift trend (dotted line) and water system broken line (solid line)

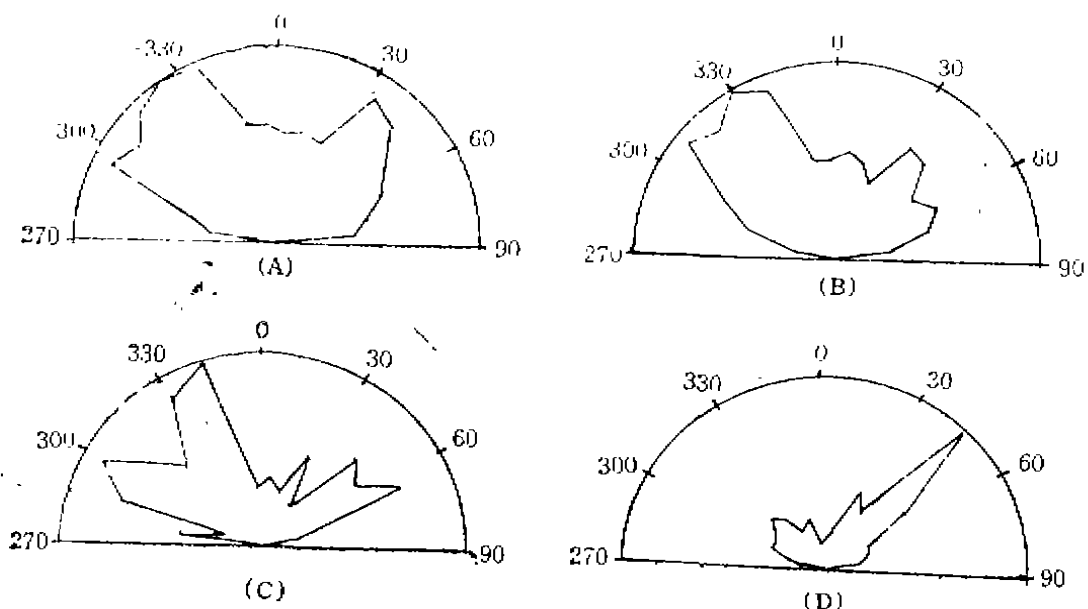


图4 莲花山断裂带水系折线玫瑰花图

Fig. 4 Rosy flower map of water system broken Line in Lianhuashan fault zone

(A) 一级水系折线数: 1711条; (B) 二级水系 (折线数634条); (C) 三级水系 (折线数 177条); (D) 四级以上 (包括四、五、六、七级水系) (折线数: 259条)

布易受新构造张性断裂的控制, 由此表明新构造运动早期, 本区北东向断裂以张性活动为主, 而晚期则北西向断裂张性活动较强, 间接反映了新构造应力场早期主压应力方位为北东——南西, 晚期主压应力方位转为北西——南东。应力场改变的时间大致相当于三级水系开始形成的时间。

三、河流阶地反映的新构造运动特征

莲花山断裂带北段的几条大河分别是韩江、梅江、琴江和榕江。其中韩江由北往南, 呈“Z”型拐弯, 穿越莲花山断裂带, 流入南海; 而梅江琴江, 则平行断裂带流动, 由西南流向东北, 在三河坝与韩江相会。我们曾在平水期对上述三条河流的阶地进行了高度测量, 并作了相应的阶地位相图 (见图5, 表2)。

从阶地位相图中可以看到, 韩江大麻——留隍河段, 阶地有一明显的拱曲, 平面上, 该河段十分平直, 穿越重山峻岭, 表明本河段强烈上升。在梅江的水口至梅县河段, 各级阶地也有微弱的隆起, 河流虽然从较坚硬的混合花岗岩流入较软弱的震旦纪砂页岩, 但还是形成了一个向上的折点, 反映该河段的上升, 但幅度较小。拱曲阶地的边缘, 都有相应的断层, 显示阶地的上升是受断层两盘的垂直运动控制的, 据产状可知, 这些断层多为北西走向的正断层。

梅江流向北东, 而韩江河道呈“Z”型, 既有北东河道也有北西河道, 从阶地位相图中可

表2 韩江、梅江、琴江各测点阶地高度
Table 2 Terrace height of each observation point in Hanjiang,
Meijing and Qinjiang

测点号	高度 (米) 点 位	级 别										河水面 高程
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	潮安		31		46	56						6
2	归湖		29.7			56	67.5	80.5				7
3	留隍		28.1		46.5	54.5	72.5	85.5	94.4	103.5		13.5
4	潭江		32.9			65.9	80	93.5	141.1	141.1	151.5	18
5	高陂		37.1		53.5	78	92.8	116.3	126.0	151		24
6	大麻		27.9		57.8	62.1	75.3	82.2	93.0	128		27
7	三河坝		30.4 (4)*		49	64	72.5	80	97.7		154.0	29
8	松口		30.1 (4)		47.6	57.6	65.3	75.7				43
9	丙村		24.2 (4)	38.4	46.9		66.1	77.8	86			56
10	梅县长沙	16.5	29.7 (5)	40	45.9	54.5	61.4	76.1	85.3	105.5		75
11	水车	19	29	36	43	54.8	62.5	74	80.2	108.5		87
12	水口	13	25	33	41	51		71	87	106 (有砾石层)	137	91
13	五华	14	25	34	39.2	54	59.2	72.8				100
14	安流	17.6	28.1	34.5	42.3	52.0	61	74.8				120

见，阶地的抬升，都出现在北东向河段，而北西向河段，阶地高度比较一致，表明北西向断层的垂直升降运动要大于北东向。

韩江河段切过地垒，而梅江河段则在地垒北西侧，与断裂带平行。尽管地垒高度很大(>1000米)，地形反差明显，但这两河段中各阶地高度变化却不大(韩江段中阶地的拱曲只是在北东向河段)，表明地垒和地堑的分异时间较早，至少早于第9级阶地的形成时间(与华南地区相近高度的溶洞堆积物的年代^[6]进行对比，本区第9级阶地年龄大致为上新世末或更新世初)，第四纪以来，北东向正断层运动分量已大大减弱，代之而来的是北西向断层的正断层运动的增加，反映区域主压应力方向已由北东——南西转为北西——南东。

四、新构造断裂形迹特征

莲花山断裂带的新构造断裂，主要有北东、北西和近东西向三组，其中北东向一组是老

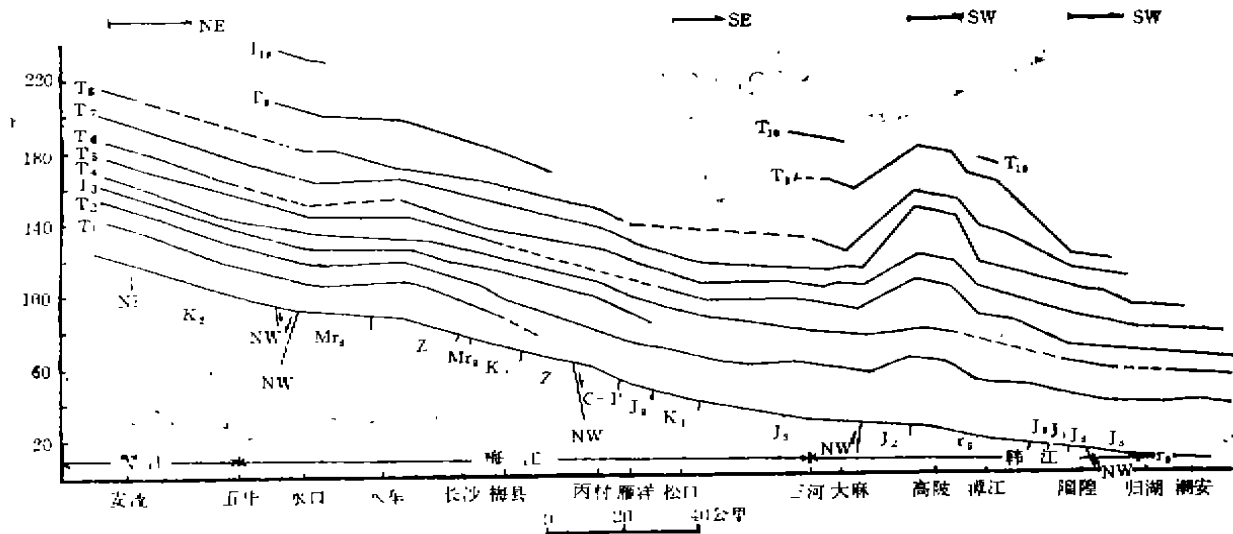


图5 韩江、梅江、琴江阶地相位置

Fig. 5 Terrace Location in Hanjiang, Meijiang and Qinjiang

断裂的复活，而北西和近东西向两组除复活断裂外，还有新生的断裂，后者多表现在航卫片、地貌及地震上，地表露头不明显。下面主要讨论形迹较清晰的复活断裂，这些断裂虽继承了老断裂的产状特征，但力学性质、变形特征以及运动方式等与老断裂有较大的差异。

五华——深圳断裂是莲花山地垒的北界断裂，总体走向 45° 左右，倾向北西，断裂两侧地形反差明显，下盘为莲花山山脉，上盘发育一系列晚白垩世——早第三纪初的红盆，地形上表现下盘抬升、上盘陷落的正断层。根据古夷平面分析，显示该断裂下盘是新生代才开始抬升的，是新生代的复活断裂。

在兴宁水口镇以南、五华兴宁晚白垩——早第三纪初红盆东南缘的盆边断裂（五华——深圳断裂）清晰可见，产状 $310^{\circ}/\angle 37^{\circ}$ ，断裂带内发育大量被硅化的红色砂岩的张性断层角砾岩，反映断裂曾为张性活动，与地形上表现出的正断层特征一致。张性硅化角砾岩带又被后期节理切割，据节理产状及擦痕，求得三个主应力方位大致为： $6_1 106^{\circ}/\angle 10^{\circ}$ ， $6_2 248^{\circ}/\angle 80^{\circ}$ ， $6_3 14^{\circ}/\angle 70^{\circ}$ ，示拉张之后转为北西西——南东东方向的挤压。

惠阳多祝盆地所见情况亦类似，东南缘盆边断裂的晚白垩世——早第三纪红色砂岩硅化带被后期节理切割，节理统计求出的应力方位为： $6_1 289^{\circ}/\angle 10^{\circ}$ ， $6_2 134^{\circ}/\angle 80^{\circ}$ ， $6_3 21^{\circ}/\angle 3^{\circ}$ ，反映断裂拉张活动之后，转为北西西——南东东方向的挤压。

在深圳水库北东方向的大望新田村采石场中，可见五华——深圳断裂切错燕山三期花岗岩体，主断裂面产状 $310^{\circ}/\angle 64^{\circ}$ ，为一宽 $10\sim 30\text{cm}$ 的断层泥，断层泥热释光测年值为 $0.26 \pm 0.02\text{m} \cdot \text{y}^{-1}$ ，地质年代属中更新世。据断层两旁的节理统计，求出的应力方位为 $6_1 298^{\circ}/\angle 3^{\circ}$ ， 6_2 近于直立， $6_3 6^{\circ}/\angle 0^{\circ}$ ，挤压应力方位为北西西——南东东。

丰顺——桑浦山断裂位于莲花山地垒南东的地堑区，由数条北西向断层组成，总体走向 $310^{\circ}\sim 330^{\circ}$ ，一般倾向南西，倾角 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 。该断裂束走向平直，航卫片中影象清晰，断层

1) 本文的热释光测年资料，均为我系同位素地质实验室测试。

两侧地貌反差明显。新构造运动早期表现为压剪性断层,汕头地区油库一带,密集劈理成带出现,并见其截切喜山期北东向的辉绿岩脉^[10],约在第四纪初转为张性断层,并控制了汕头鸡笼山碱性橄榄玄武岩的喷发(Q_1)^[11]以及潮汕平原的沉积,据钻孔及 C^{14} 测年资料,丰顺—桑浦山断裂两盘的沉积厚度有差异,该断裂在晚更新世(20710 ± 410 年)仍在作正断层运动^[12]。在丰顺一带,有近10个温泉沿断裂排列,表明断裂现今仍在活动。

莲花山地垒北西侧,兴宁盆地东缘北西向的兴东断裂,总体走向 330° ,倾向南西,倾角 80° 左右,断裂上盘为晚白垩世—早第三纪初的红层,下盘为加里东期混合花岗岩,两套岩石呈明显的断层接触。在兴宁水口,兴东断裂表现为一条宽度大于10米的硅化张性角砾岩带,张性角砾几乎全是红色砂岩,且被微晶石英胶结,并见有粗晶石英及梳状石英脉穿插,取梳状石英作热释光测年,年龄值为 $1.02 \pm 0.09 \text{ m} \cdot \text{y}$,表明最后一次张性活动发生在早更新世中期之前。在水口大桥北面的公路边,可见残留的红层构成的挤压片理带,产状 $215^\circ \angle 79^\circ$,片理带中构造透镜体十分发育,显示断裂在拉张之前,在早第三纪之后,曾受北东—南西方向的强烈挤压。

上述事实表明,莲花山断裂带在新构造运动期间,北东向主干断裂早期拉张,晚期挤压,而北西向断裂则正好相反,断裂的挤压形迹大约形成于渐新世—晚第三纪,应与北东向断裂的拉张同期。根据玄武岩、潮汕平原的沉积以及石英脉等的年龄,估计北西向断裂约在早更新世初转为拉张,此时北东向断裂受压,主压应力方向近于北西西—南东东。

五、讨 论

前面我们分别讨论了莲花山断裂带古夷平面、水系形态、河流阶地以及新构造形迹。结果表明,莲花山断裂带在新构造运动期间,断裂的力学性质、活动方式及区域应力场方向等都发生过较大的变化。新构造运动早期,大致从渐新世到上新世末,与中国东部白垩纪—早第三纪初的应力场方向^[13]是一致的,主压应力为北东—南西。约在渐新世,东亚地区地壳运动有三个大事件:(1)库拉板块消失,太平洋板块俯冲方向变为北西西向,时间约 $40 \text{ m} \cdot \text{y}^{[14]}$ 。(2)南海第二次扩张开始,扩张轴转为近东西向,时间 $32 \sim 36 \text{ m} \cdot \text{y}^{[15]}$,伴随南海的扩张,珠江口盆地与华南大陆分离且大幅度下沉,沉积了珠江组地层,盆地中北东东向断裂强烈拉张^[16],开始时间约在 $30 \text{ m} \cdot \text{y}^{[15,17]}$ 。(3)印度板块与欧亚板块相碰,时间约 $30 \text{ m} \cdot \text{y}^{[18]}$ 。由此可见,莲花山断裂带的新构造运动,是东亚地区新生代地壳演化的一个组成部分。其中与莲花山断裂带关系较为密切的事件应是珠江口盆地的下沉和印度板块的碰撞:盆地下沉,地幔物质由海流向陆,造成对大陆一个向上的顶托力;而印度板块的碰撞传递了一个来自南西方向的挤压力。在这两个力的联合作用下,准平原解体,莲花山地垒出现,北西向断层受压,北东向断层拉张。新构造运动晚期大致从上新世末—现代,这时主压应力方向转为北西西—南东东,北东向断裂受压,北西向断裂拉张,后者或者切割前者,或者受前者限制。在沿海的较强活动区,部分北西向断层深切到上地幔深部,岩浆上涌形成了玄武岩浆的喷发;而在内陆较弱活动区(这里地壳厚度也要比沿海地区大),北西向断层则表现为较宽的硅化带。从整个东南沿海来看,玄武岩喷发的时间主要是上新世—更新世,研究表明,无论从玄武岩的空间分布、还是成分特征,都与太平洋板块向欧亚板块的俯冲密切相关^[19,20],因此莲花山断裂带压应力方向转为北西西—南东东,主要

机制很可能是上新世末——更新世初，太平洋板块对欧亚板块作用加强所致，台湾岛的中央山脉在此时强烈隆升^{〔1〕}也是一个重要的旁证；由于印度板块的继续向北推进，东南亚半岛向南东滑移^{〔2〕}。印度板块对华南广大地区的作用减弱。

现今华南沿海地区的主压应力方向为北西西——南东东^{〔3〕}，在这个力的作用下，北西向断层作左旋张扭运动；而北东向断层，由于水平应力强度不大，断层倾角也较陡，上盘地

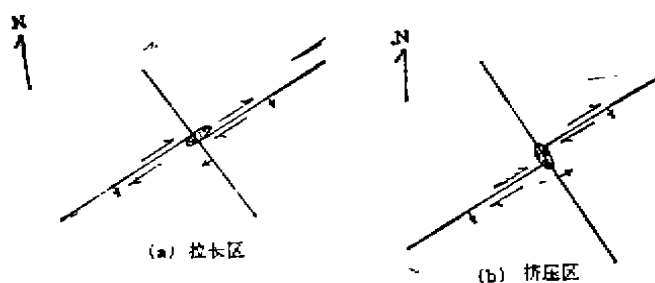


图6. 北西向断裂切割北东向断层，在交叉部位出现挤压或拉张

Fig. 6 The fault of NE is cut by the rift of NW, extruding or Pulling occurred at the junction part
(a) 拉张区; (b) 挤压区

块要克服自重而逆冲比较困难，所以主要表现在右旋平移。此外，由于北西向断层的走向与主压应力轴的夹角较北东向断层小，断层内摩擦力也小，以蠕滑为主，而北东向断裂内摩擦力较大，以粘滑为主；加上北西向断层主要受拉张，上盘在自重作用下容易下滑，因此，北西向断层活动量较北东向断层大，往往切割后者。由于断层产状不同，存在两种情况（图6），第一种情况北西向断裂倾向南西，切错北东向断裂的结果（假定北东向断裂倾向南东，下同）是在交叉部位形成拉张区，不易积累应力，

反而为地下热水上升提供了通道；第二种情况是北西向断裂倾向北东，切错北东向断裂的结果是在交叉部位形成挤压区，应力在这里集中，导致地震。在第二种情况下，如果北西向断裂的错距很大，则北东向断裂很难再发生平移，意味着断层已发展到了晚年，不会发生大的地震。

● 考 文 献

- 〔1〕地质辞典（一），上册，地质出版社，1983。
- 〔2〕黄玉昆，南海北部沿岸晚第三纪以来地壳运动的基本特征，中山大学学报（自然科学版），3期，1980。
- 〔3〕中国科学院南海海洋研究所，华南沿海第四纪地质，科学出版社，1978。
- 〔4〕黎昌，珠江口盆地早第三纪古地形、地貌演化初探，海洋地质与第四纪地质，5卷3期，1985。
- 〔5〕李钜章，Fuzzy分级统计，模糊数学，4期，1982。
- 〔6〕肖楠森等，新构造分析及其在地下水勘察中的应用，地质出版社，1986。
- 〔7〕艾南山等，东南沿海水系及新构造应力场，地理学报，32卷2期，1982。
- 〔8〕承继成等，流域地貌数学模型，科学出版社，1986。
- 〔9〕刘以宣，第四纪以来大洋海面升降变化，海洋文集，第四集，1966。
- 〔10〕李运贵，桑浦山断裂构造带活动性研究，华南地震，7卷1期，1987。
- 〔11〕中南地区区域地层表编写组，中南地区区域地层表，地质出版社，1974。
- 〔12〕张福来，一条更新世晚期的活断层，华南地震，7卷1期，1987。

- [13] 万天丰, 中国白垩纪——始新世早期构造应力场, 地质学报, 63卷1期, 1989.
- [14] 张应明等, 华南断块区中, 新生代构造特征及其动力学问题, 华北断块区的形成与发展, 科学出版社, 1980.
- [15] 王善书, 珠江口盆地地质构造基本特征, 石油学报, 1982, 增刊.
- [16] 刘以宣等, 珠江口——红海湾沿海的活动断裂, 热带海洋, 2卷3期, 1983.
- [17] 南海石油分公司等, 南海北部大陆架第三系, 广东科技出版社, 1981.
- [18] Kent, C. Condie, Plate tectonics and Crustal Evolution, 1982.
- [19] 曹荣龙等, 中国东部地幔岩色体的产出及其与地球内部的关系, 地球物理学报, 26卷2期, 1983.
- [20] 周新民等, 我国东南沿海新生代玄武岩的成分和演化特征, 地质学报, 55卷1期, 1981.
- [21] Francis T. Wu, Recent Tectonics of Taiwan, Geodynamic of Pacific, 1978.
- [22] P. Tapponier, G. Pellzer & R. Armijo, On the Mechanics of the Collision between India and Asia, Collision Tectonics, 1986.
- [23] 丁原章等, 广东省地震地质问题, 广东地质, 4卷1期, 1989.

SOME CHARACTERISTICS OF NEOTECTONIC MOVEMENTS IN THE LIANHUASHAN FAULT ZONE, GUANGDONG

Huang Yukun and Zhang Ke

(Dept. of Geology, Zhongshan University)

Abstract

The Lianhuashan Fault Zone is an important deep fault along the continental marginal belt of Southeast China. This paper discusses its characteristics of neotectonic movements according to ancient peneplans, river systems, terraces and active tectonics.

The authors consider that during neotectonic period, the Lianhuashan fault-block uplifted area rose up more than 1000m. The principle compressive stress direction of the Lianhuashan fault Zone was northeast-southwest during the early neotectonic stage (E3-N2). In the late stage (the end of N2-Q) it became to NWW-SEE. This change is obviously related to down-thrust slab movements of the Pacific plate to the Euro-Asia plate.