

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

福建长乐-诏安断裂带的新构造运动*

张 虎 男

(广东省地震局, 广州)

长乐-诏安断裂带是我国东南沿海大陆边缘的一条重要的构造带。它形成于前中生代。其后经过多期次与不同方式的交替活动。本文通过对该断裂带沿线的新生代地层、火山活动、地震活动、水热活动和地壳形变等资料的分析研究, 初步阐述了该断裂带的新构造运动特征, 估算了局部地段断裂近期活动的幅度和速率, 对比了沿断裂带各构造盆地的活动强度, 进一步探讨了泉州-汕头地震带成为强震构造带的主要原因。

长乐-诏安断裂带(以下简称长诏带)沿诏安的西南方向进一步延伸到广东省境内, 只是由于在潮汕平原被第四系覆盖, 地表迹象不很明显。现已初步查明, 由饶平至澄海、汕头向南延至惠来附近的汕头-饶平断裂带, 应是长诏带内带的南延部分。它的中带在南澳岛东侧, 其迹象特别明显。至于外带, 有两种可能: 一是在南澳岛东部海域通过; 一是在泉州附近与中带合二而一。作者据此认为, 将长诏带改称长乐-惠来断裂带, 似更符合实际情况(图 1)。

长诏带是我国东南沿海大陆边缘的一条重要的断裂构造带, 它不仅在中生代期间有过强烈的活动, 在新生代时期仍十分活跃。它控制了两侧的地壳升降, 火山活动以及新生代的盆地演化。在断裂附近发生过强烈的地震。如果对长诏带的新构造运动特征进行研究, 将有助于了解这一大陆边缘构造带近代和现代构造运动特点。

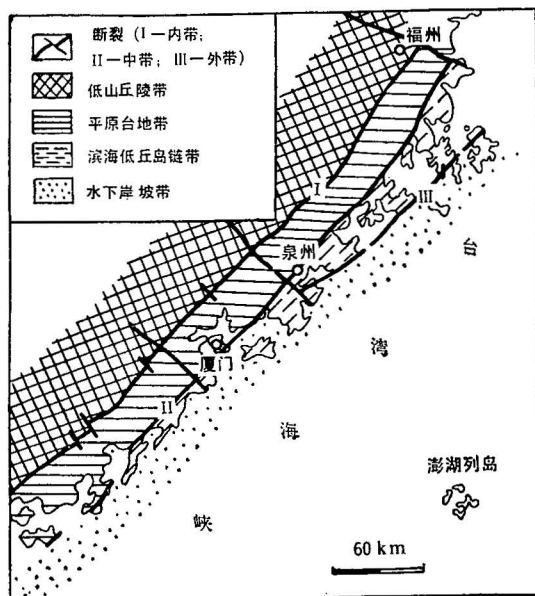


图 1 长乐-诏安断裂带及其对构造地貌的控制
Fig. 1 Changle-Zhao'an Fault Zone and its control over structural geomorphology

* 参加野外考察的还有陈伟光, 黄坤荣, 李子权, 张福来等同志。

本文 1986 年 6 月收到, 12 月改回, 王毅编辑。

一、强烈的火山活动

东南沿海地区大规模的火山活动可追溯到中生代的中期。这一时期的火山活动,主要受控于北东向的长诏带。火山岩的分布面积向南逐渐收缩,表明火山活动向南减弱。断裂带的后期活动,又使原喷发的火山岩产生不同程度的变质、揉皱、片理化、片麻岩化,糜棱岩化、混合岩化等,形成热-动力变质带和挤压破碎带,宽数百至数千余米。

新生代的火山活动集中分布在断裂带的中段。以佛昙群为代表,沿中带佛昙一右雷头呈北东向狭长带状延伸。前人认为,佛昙群主要由一套陆相基性喷出岩和砂页岩组成,在闽南沿海地区以控斑玄武岩为主,偏钙碱性,常覆盖于不同时代的岩层之上。根据下伏地层中的植物化石和孢粉,将其时代定为晚第三纪。在龙海和漳浦一带佛昙群的大面积分布区,作者等观察了以下几个剖面:

(一) 佛昙南松仔岭剖面 玄武岩直接覆于花岗岩风化壳之上,在风化壳顶面,有数层砖红色的烘烤层(图2,A)。玄武岩呈球状风化,垂直节理发育,内充填有白色方解石细脉,发育小断层(百米内有4—5条)。

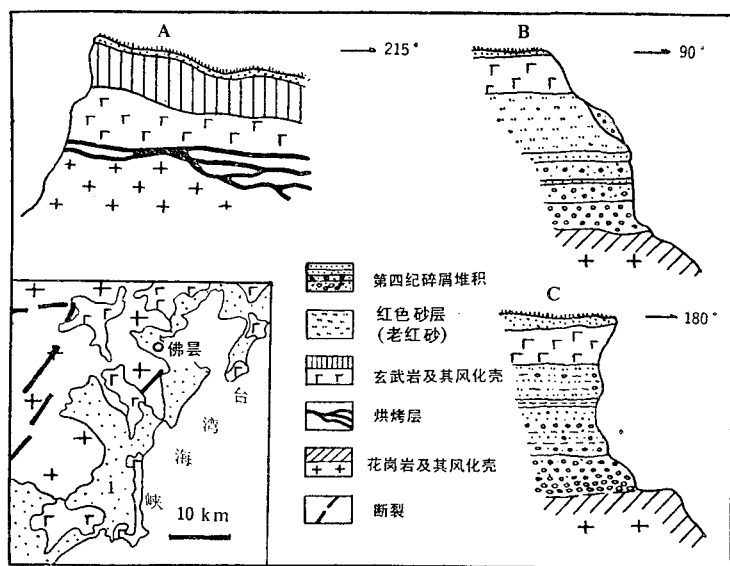


图2 龙海—漳浦沿海佛昙群剖面

Fig. 2 Profiles of the Fotan Group along the coast of the Longhai-Zhangpu region

(二) 流会烟墩山剖面 玄武岩为黑色致密块状,少气孔,表层已球状风化,厚20m,覆于花岗岩之上。花岗岩中发育一组 $NE70^{\circ} \angle 60-80^{\circ}$ 之片麻理。

(三) 流会东南约1km的滨海剖面 玄武岩覆于花岗岩风化壳之上,为黑色致密块状,厚约1.7m,发育走向 $NW300-310^{\circ}$ 的构造节理,最密集处20cm内有7条。花岗岩顶部有红色薄层的烘烤层,在与玄武岩交界处发育厚约0.7m的铁质淋滤结核层。花岗

岩中也发育一组 NW300° 的构造节理。玄武岩钾-氩法年龄¹⁾为 0.0029Ma, 可能偏老。

(四) 关头剖面(图 2,B) 玄武岩为黑色致密块状, 垂直节理发育, 风化较浅, 厚 1—1.5m²⁾。其下为厚约 6m 的杂色碎屑堆积, 半胶结, 可见水平层理。底砾层之下为花岗岩风化壳, 已呈网纹状, 尚可辨认其原始结构构造。

(五) 皇帝城剖面 强烈球状风化的玄武岩, 厚约 1m, 其下为厚约 4m 的半胶结的碎屑堆积, 其中层 4—8 属冲积相, 层 3 岩性酷似闽南粤东沿海断续分布的“红色砂层”(又称“老红砂”)。碎屑堆积之下为花岗岩风化壳(图 2,c)。

由上述剖面可见:

(1) 玄武岩层的厚度一般较薄且不稳定, 多覆于燕山期花岗岩的风化壳之上, 如漳浦

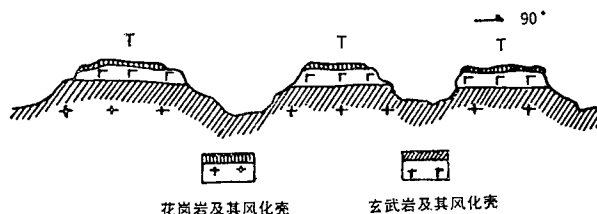


图 3 覆盖在花岗岩之上的玄武岩台地

Fig. 3 Basalt-Capped granite platform

县南境-东吴-金塘一带所见(图 3)。有时, 玄武岩也覆于不同时代的堆积物之上, 很可能显示了多期次的喷溢。

(2) 在闽南火山岩分布区, 未见明显的火山锥, 只发育规模较小的喷溢口, 如镇海牛头山所见。这种裂隙式喷溢是华南大陆沿海地区新生代火山活动的共同特点, 它反映了断裂对岩浆活动的控制。佛昙群的形成正是长诏断裂中带近期活动的结果。

(3) 佛昙群火山岩是多期次喷发的产物。根据前述剖面中玄武岩与其它岩层的层位关系, 参考有关的年龄数据, 其喷溢时代应开始于第三纪, 延续至全新世, 可分为 4—5 期:

第一期 时代为中新世早期或渐新世晚期, 相当于台澎地区的公馆期, 以流会东南的滨海剖面为代表。

第二期 时代为上新世, 上覆于 50—70m 之花岗岩台地, 厚度较大, 以流会烟墩山为代表, 相当于台澎地区的二期活动。

第三期 时代为更新世, 上覆于下更新统地层(关头剖面), 风化较浅, 厚度较薄, 相当于台澎地区的澎湖期喷发。

第四期 时代为晚更新世至全新世, 以皇帝城剖面为代表, 剖面中红色砂层的时代, 多为晚更新世¹⁾。

由于佛昙群喷溢的时代持续较长, 其间的间断不明显, 因此, 不排除存在中新世晚期(相当于台澎地区角板山期)产物的可能性。

1) 由国家地震局地质研究所李大明等测试。

2) 曾取样, 但因岩石破碎风化等原因而无法测得年龄。

二、断裂带的构造地貌特征

沿长诏断裂中带发育断层崖。在北段的福清县东张水库附近,上侏罗统火山岩与下白垩统呈断层接触,后者起覆于前者并形成断层崖。在长乐县北部的后山尾,该断裂中带于上侏罗统火山岩体的西侧通过,表现为陡崖和深谷相间的地貌。在断层崖附近,一般都可以发现较清晰的断裂形迹。在长诏断裂中带中段的泉州一带,构造地貌特征为一系列连续的,北东走向的山脊、海湾、深谷及陡崖。而在南段的东山、南澳等半岛或岛屿的东侧,断裂常构成海岸带或陆缘的海沟。这类断裂近期活动形成的构造地貌形态,并不因岩性、产状等其它因素的影响而改变断裂固有的走向,因而在遥感影象上都反映出明显的线性特征。

长诏带同时控制了大陆边缘总体的构造地貌格局。各种地貌类型均以北东走向呈近

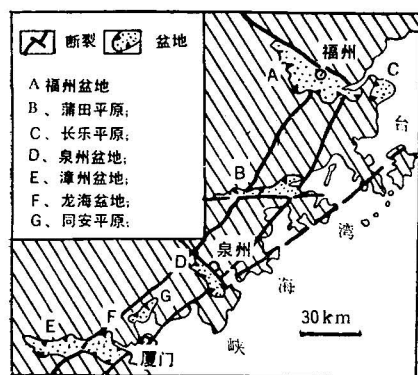


图 4 长诏带沿线构造盆地分布图

Fig. 4 Tectonic basins along the Changle-Shao'an Fault Zone

于平行的条带状分布,由西向东依次为低山丘陵带、平原台地带、滨海低丘岛链带和水下岸坡带,各带的边界分别为长诏断裂的内、中、外带(图 1)。各构造地貌带近期活动的幅度和速率,由陆向海逐渐增高,以沿海的断块型盆地(槽地或三角洲)反映最明显(图 4,表 1)。由表 1 可见:长诏带北段盆地的沉降幅度和速率大于南段;外平原比内平原(龙海盆地比漳州盆地)的活动量大。外平原盆地不发育,在东邻的则为沉降幅度更大的海湾(泉州盆地和泉州湾)。盆地中的沉积旋回特征和盆地内(或海湾中)出露的阶地高度也

反映了地壳运动的强度是沿海强于内陆,东部强于西部。

地壳的频繁升降,还见于长诏带内的新生代沉积和地貌特征等方面。

表 1 长诏带沿线各盆地的新构造运动特征*
Table. 1 Characteristics of neotectonic movements in the basins along the Changle-Shao'an fault zone

盆地名称	沉积旋回数(套)	沉积旋回特征	沉降幅度(m)	沉降速率(mm/a)	阶地情况			
					性质	高度(m)	组成物质	测量地点
福州盆地	2	海相正旋回	47	4.7				
长乐平原	1	海相负旋回	31	3.1				
莆田平原	1	海相正旋回	16	1.6	海积	20	红砂层	莆田平海前石井
泉州盆地	2	海相正旋回	16	1.6	海积	23	红砂层	晋江科任
漳州盆地	2	海相正旋回	14	1.4	基座	15	砂砾卵石	漳州茶铺
龙海盆地	2	海相正旋回	32	3.2	海积	30	红砂层	漳浦白坑
同安平原	1	陆相至海相正旋回						
韩江三角洲	1—2	海相正旋回	10—20	1.5(1.0)	海积	15	红砂层	惠来靖海

* 据陈伟光^[2]修改补充。

(一) 抬升的地貌标志

1. 沿海发育的红色砂层, 普遍被切割成深3—6m, 宽7—8m的冲沟。红色砂层的沉积标志着地壳的相对沉降, 而后期阶地的形成(表1)和被切割, 则标志着相对抬升。

2. 在滨海地区, 见有多级海蚀平台(或阶地), 海拔分别为10m, 20m, 30m, 50—70m, 100m, 125m, 150m。反映了地壳频繁地间歇性抬升。

3. 在莆田东海岸, 原形成于潮间带的海滩岩(部分可能为砂丘岩), 被抬升至3m, 12m, 16m, 21m和36m。根据莆田平海后石井海滩岩的 ^{14}C 年龄和高差估算, 平均年抬升速率可达厘米级^[3]。而根据石井淤泥层的抬升幅度(17m)和 ^{14}C 年龄($18780 \pm 285\text{a B. P.}$)估算, 平均年抬升率仅约1mm, 又反映了在较长的时间内, 有突发性的抬升也有升降的频繁交替。

4. 在滨海的内陆地区, 发育多级河流阶地和叠置的冲洪积扇。在漳州天宝石盘头西北, 3—4级叠置的冲洪积扇, 延伸1km以上。山前冲洪积平原冲沟发育, 切割数十米。冲洪积扇前缘被错断, 形成近南北向的断层陡坎。

(二) 沉降的地貌标志

1. 各盆地中沉积的第四系。福州盆地约为70—80m; 泉州盆地约为30—40m; 龙海盆地约为70—80m; 韩江三角洲达百米以上。

2. 沉降的溺谷海湾和水下阶地, 后者的最大深度达几百米。

3. 滨海地区埋藏的海相化石和沉积。在龙海北引桥九龙江(北溪)沉积中, 埋深约10m的海相砂层中夹长牡蛎壳。在厦门筴筴港和惠安县崇武附近淤泥或泥炭腐木层, 埋深6m。

三、断裂对其两侧的新地层形成和形变的影响

长诏带对佛昙群岩浆活动长时期的控制, 反映了断裂多期次的活动。在新生代, 断裂活动的起始时间可追溯到中新世的早期。

闽中南和粤东的新生代断陷盆地的两界, 一般都由长诏断裂的内带构成, 它和其它方向的断裂(北西向和近东西向), 控制了断陷盆地的形成和发展, 在中更新世以前, 尤为明显, 可以规模最大的韩江三角洲为例。

长诏断裂的内带(汕头-饶平断裂带)对韩江三角洲的第四纪沉积起到明显的控制作用。钻孔对比表明, 该带两盘的第四系垂向变化不同。

断裂带以西, 钻孔剖面一般可分为上、下两部分。上部为海相沉积, 以灰色细粒碎屑岩组成, 夹贝壳碎片及植物根茎, 厚度稳定在18—20m左右。下部为粗碎屑组成的陆相沉积。

断裂带以东钻孔的共同特点是:

(一) 海相层厚度较大, 贝壳碎片含量增多。

(二) 部分钻孔发育两层海相层, 下伏岩层为花岗岩残积层或韩江的古河床沉积。

从钻孔剖面的岩性、岩相和层位的对比看, 断裂带两侧的上部海相层时代相当, 而带

东的下海相层与带西的下部陆相层应为同时异相的沉积,其时代相当于中更新世间冰期的高海面阶段,即当时的海侵范围仅限于汕头-饶平断裂带以东,该断裂明显地控制了这一时期的沉积^[4]。

中更新世以后,沿海断陷盆地的沉积中心东移,长诏断裂的中带对沉积物的控制作用加强,突出地表现为红色砂层沉积的形成和形变。红色砂层是在相对稳定环境下沉积的一套滨海相地层,严格地分布在长诏断裂中带以东的由花岗岩低丘环绕的海湾或相邻的岛屿间。断续见于福建平潭至广东惠来。它们的结构单一,组分类同,机械成分近似,厚度一般不超过 25m 并组成海拔 20m 左右的二级海积阶地。

红色砂层的沉积,说明中带东盘的一次快速沉降;海积阶地的形成和深切冲沟的发育,则是东盘的相对抬升。长诏断裂的中带倾向南东,东盘为断裂活动的主动盘(上盘)。它的反复升降说明该断裂具有多期次,正反向交替活动的特点。初步研究表明^[1],红色砂层可能是晚更新世晚期的产物,因此,中带的近期活动应持续至距今约 30000—15000 年(红色砂层形成时期的上限)左右。

在局部地区,红色砂层悬殊的高差变化则反映了断裂活动的局部异常。例如,在诏安官口、洪洲等地,红色砂层组成的阶地海拔仅 3—5m;在东山岛的东沈钻孔内,尚见厚 6m 的红色砂层。而它的最大高度可达海拔 50m。

长诏断裂中带对新地层形成和形变的影响,一直延续至全新世。可以沿海发育的海滩岩为例。毕福志等^[3]对福建中段海岸全新世海滩岩的研究结果表明,地壳相对升降的年速可达厘米级^[5,6]。张景文等^[7]则认为,闽南粤东沿海 5500 年来地壳的平均上升率只有 1—1.5mm/a。作者认为,形成于潮间带的海滩岩被抬升至不同高度,显然是地壳运动的结果。但作为断裂活动的依据,则必须选择位于断裂两侧同时代、同成因的地层作对比,例如对汕头-饶平断裂带的研究。

表 2 为断裂带两盘的地层和 ¹⁴C 年龄,图 5 为样品位置。所采样品皆为当时古海面的指相生物;亦即,如断裂不活动,样品所在的海拔高度应相同。现今断裂两盘同时代地层的高差,应是断裂两盘相对运动的结果。据表 2 数据估算,3300 年以来断裂相对运动

表 2 汕头-饶平断裂两盘样品的 ¹⁴C 年代数据*
Table. 2 ¹⁴C age data of samples from both Walls of the Shantou-Raoping fault

所在盘	序 号	采样地点	样品名称	¹⁴ C 年龄 (a, B.P)	采样高程(m)	采样地貌部位
东盘 (上盘)	1	饶平县洪洲 公社海边	海月	2205±80	+1.5	海滩砂
	2	饶平县海山岛	贝壳砂	上 2420±75 下 2825±85	+4 +1	外沙堤
	3	澄海县南峙山麓	贝壳	3190±85	+3.5	贝壳堤
西盘 (下盘)	4	澄海县樟林公社	贝壳砂(上) 贝壳(下)	上 2485±70 下 3265±85	+1 -1	沙堤
	5	潮安县梅林湖	牡蛎壳(上) 贝壳(下)	上 3545±85 下 5440±100	-3.3 -5.5	右海湾泻湖

* 国家地震局地质研究所九室提供,4、5 样品由作者等采集。

的幅度分别为 6.8m, 4.5m, 平均 5.7m, 相应的平均年速率为 2.06mm, 1.36mm 和 1.71mm。近 2500 年以来的相对运动幅度最大为 3m, 最小仅 0.5m, 平均为 1.75m, 相应的平均年速率为 1.2mm, 0.2 mm 和 0.7mm。断裂的活动方式都是南东盘相对抬升, 抬升速率有变缓的趋势。

现代的韩江三角洲向海扩展, 仍然反映了断裂东盘相对抬升, 但兼有掀斜性质, 抬升速率北东侧大于南西侧, 因而樟林-饶平一带的三角洲增长速度(15m/a)大于汕头一带(12m/a)。

四、地震活动和水热活动

长诏带是闽粤沿海主要的地震构造带。公元 1600 年以来曾多次发生 7 级或 7 级以上的大地震。按已释放的地震能量统计(约 $10^{17.4}$ J), 甚至超过毗邻的台湾西部地震带(866×10^{14} J), 而远大于该带以西的各地震构造带($0.4 \times 10^{14} - 130.26 \times 10^{14}$ J^[8,9,10])。在长诏带内, 大地震集中在中段的泉州-汕头地区, 主要原因可能是:

(一) 长诏断裂中带的加强。研究表明, 长诏断裂的中带和外带在泉州附近合二而一, 导致中带加强, 断裂的近期活动也相对活跃, 促使强震构造带的形成^[11]。

(二) 菲律宾板块西向推压的直接影响, 这种影响又由于板块边界的聚敛而加强。

(三) 北西向断裂的相对集中。北西向断裂是华南沿海一组新生的、活动性强烈的断裂^[12]。由于它的新生性所以不可能是大规模和深切割的, 但当它错移其它方向的断裂时所产生的构造效应, 可引起应力调整而促使强震频繁发生。在泉州-汕头地区, 北西向断裂几乎切割错断了其它所有方向的断裂。因此, 大地震一般都发生在长诏带和北西向断裂交汇的部位, 而小地震常沿上述两个方向分布。

当前, 地震成因的断层说仍然是影响最广、应用最普遍的学说, 因而地震活动强度、频度的高低, 直接反映了断裂近期的活动性。

另一方面, 长诏带沿线呈带状分布着福建省 68% 的温泉^[1]; 粤东地区的温泉也相对集中地分布在长诏带附近, 反映了强烈的水热活动。重复精密水准测量结果表明, 断裂现今仍有活动, 垂直形变量由内陆向沿海增大, 断裂上盘(南东盘)的抬升幅度和速率大于下盘(北西盘), 表现为逆冲性质, 地壳形变的年平均速率变化在 1—2mm 间。这一结果与根据指相生物地层的 ^{14}C 年龄估算所得的断裂活动方式和速率基本相符。其逆冲性质则与菲律宾板块的西向推压, 导致断裂上盘的相对抬升有关。



图 5 韩江三角洲东部地质构造略图
Fig. 5 Sketch map showing geologic structures of the East Hanjiang Delta

1) 刘以宜, 1986, 南澳断裂带与滨海断裂带的基本特征及其活动性探讨(油印本)。

五、小 结

(一) 长诏带是我国东南沿海大陆边缘一条重要的构造带。它形成于燕山期,在中生代及其后有过强烈的活动。新第三纪以来长诏带的活动主要表现在它对火山活动,新地层的形成和形变,地震活动和水热活动等方面的控制。

(二) 长诏带新构造运动的强度有自内带向外带,也就是由内陆向沿海增强的趋势。构造地貌明显地表现为由西向东呈阶梯状的跌落,可归因于:

1. 外营力侵蚀、剥蚀的趋向。
2. 断裂各带构成不同的构造地貌实体。
3. 是碰撞型板块间相互作用的“手风琴”方式^[13],在引张阶段形成的。

从新构造运动期间断裂的总体运动方式看,大洋板块的挤压导致断裂上盘的逆冲是主要的。

(三) 长诏带以中段的新构造运动最强。泉州-汕头地震带不仅集中发生了多次 7 级以上的大地震,还局限了新生代的火山活动,其原因除了自身的地质构造特征外,还明显地受菲律宾板块和欧亚板块间板缘构造作用的影响。

(四) ¹⁴C 测年结果和垂直形变测量结果都表明,长诏带近期相对运动的平均年速率不大于 2mm,属于弱变形和微弱变形,但不排除其间存在突变的可能性(短时期内的平均形变年速可达到厘米级)。这些都可作为沿海经济特区和经济开发区从事大型工程建设和城市发展规划时的背景性参考资料。

参 考 文 献

- [1] 张虎男,赵希涛,姚庆元,1985,闽南粤东“老红砂”沉积成因和时代的探讨。海洋地质与第四纪地质,第 5 卷,第 1 期。
- [2] 陈伟光,1983,福建沿海第四纪盆地(或槽地)的沉积和近代断块运动。华南地震,第 3 卷,第 3 期。
- [3] 毕福志,1984,福建中段海岸带的新构造及其波浪运动的基本特征。西安地质学院学报,第 1 期。
- [4] 张虎男,1983,断裂作用与韩江三角洲的形成和发展,海洋学报,第 5 卷,第 2 期。
- [5] 毕福志,周彩中,1984,福建莆田南部海岸带三千多年以来的升降运动,海洋学报,第 6 卷,第 1 期。
- [6] 袁又申,毕福志,1984,福建中段海岸晚全新世最高海滩岩的成因。科学通报,第 19 期。
- [7] 张景文,赵桂英,赵希涛,1982,闽南粤东沿海晚第四纪地层与新构造运动的年代学研究。地震地质,第 4 卷,第 3 期。
- [8] 张虎男,1984,华南强震区的比较构造研究。地震学报,第 6 卷增刊。
- [9] 张虎男,1983,板缘构造作用对泉州-汕头地震带的影响。海洋地质与第四纪地质,第 3 卷,第 3 期。
- [10] 张虎男,陈伟光,1983,泉州-汕头地震带与菲律宾板块。地震,第 5 期。
- [11] 张虎男,陈伟光,李子权,张福来,1985,长诏断裂中带何在。华南地震,第 5 卷,第 2 期。
- [12] 张虎男,1982,闽粤一带沿海地区北西向断裂的活动性。地震地质,第 4 卷,第 3 期。
- [13] 黄汲清,陈国铭,陈炳蔚,1984,特提斯-喜马拉雅构造域初步分析。地质学报,第 58 卷,第 1 期。

CHARACTERISTICS OF THE NEOTECTONIC MOVEMENT OF THE CHANGLE-ZHAO'AN FAULT BELT IN FUJIAN

Zhang Hunan

(Seismological Bureau of Guangdong Province, Guangzhou)

Abstract

The Changle-Zhao'an fault belt is an important tectonic belt bordering the southeast coast of China. It was formed in the Yanshanian stage and was very active ever since, being accompanied by volcanism, seismicity, hydrothermal activity, and crustal deformation, and formation and deformation of Cenozoic formations.

This fault belt can be divided into three zones, and the intensity of the related neotectonic movements have a tendency to increase gradually from the inner zone to the outer zone, i.e. from west (inland) to east (coast). The movements were the strongest in the Quanzhou-Shantou (Swatow) area of the middle zone, where occurred Cenozoic volcanism and several large earthquakes ($M=7$). This was not only closely related to the local structural characteristics, but was also influenced by marginal tectonism occurring between the Philippine Sea plate and the Eurasian plate.

^{14}C dating and geodetic data indicate that the average rate of relative vertical movement of this fault belt since the late Epipleistocene has been less than 2 mm/a, so the deformation being weak or feeble. But strong deformation with a rate reaching the order of centimeter per year might have occurred for a short time in this period (about 30000 years B.P.).