

# 福建省沿海大陆边缘的断块构造 和1604年泉州海外大震的孕育

欧秉松 雷土成

(福建省地震局地震研究所)

## 摘 要

福建省沿海断块构造发育, 新构造期以来, 大致以闽江和九龙江为界, 可分为南、北、中三个断块差异活动区。本文分析了震前各种现象, 对这次大震的孕育过程进行了阶段性划分, 并对该区的应力作用方式作了分析。

公元1604年12月29日, 福建泉州海外发生了一次八级地震, 震中位于 $24.9^{\circ}\text{N}$ ,  $119.4^{\circ}\text{E}$ 。地震造成了很大的破坏, 波及福建、浙江、江西及江苏、安徽、上海、湖南、湖北、广西、广东等省的部分地区, 影响最远达1000公里左右。这是有史记载以来, 在我国大陆东南边缘发生的最大的一次地震, 因而引起广泛的重视。本文就大陆边缘断块构造和大震的孕育作一探讨。

## 一、福建沿海大陆边缘的断块构造

福建沿海大陆边缘地区主要发育有NNE—NE、NW和EW向三组断裂(图1)。

NNE--NE向断裂纵贯闽东南沿海地区, 其规模大、延伸长、切割深。该断裂带由多条断裂组成, 其西侧为南屿一角美断裂, 东侧为近岸海域断裂。在断裂活动的控制下, 本区地貌形态呈条带状平行排列, 自陆而海, 分别为中低山—丘陵带、滨海丘陵—岛链带和水下岸坡带。

由于NW向断裂和EW向构造的横向切割, 本区被分割成大小不同的断块, 断块界线清晰, 新构造期以来, 差异活动显著。大致以闽江和九龙江为界, 可分为三个断块差异活动区。

在闽江口以北(称北断块), 断块以沉降为主, 地貌上表现为山脉直逼海岸, 港湾深邃, 岸线曲折, 岛屿众多。河流多单独入海, 河口呈溺谷状, 据钻孔揭示,  $Q_2$ 和 $Q_3$ 地层位于全新统地层之下, 表明该区海岸自中更新世末以来, 长期处于下降状态中〔1〕。

九龙江以南(南断块), 以缓慢间歇性上升为总趋势。海岸多为基岩裸露的侵蚀阶地,

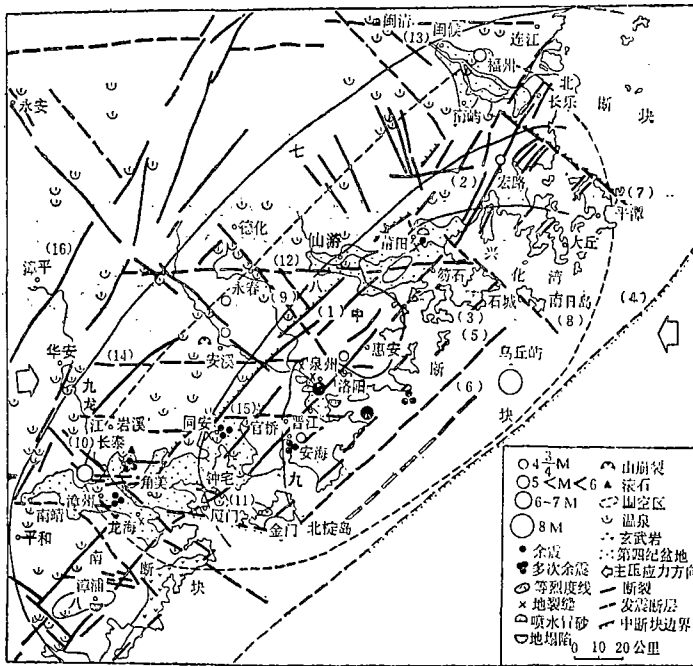


图1 泉州海外大震地震地质略图

- (1) 南屿一角美断裂 (2) 长乐—钟宅断裂 (3) 平潭—金門断裂 (4) 近岸海域断裂 (5) 北断岛断裂
- (6) 乌丘屿断裂 (7) 闽清—平潭断裂 (8) 石城—南日岛断裂 (9) 晋江—永安断裂 (10) 九龙江断裂 (11) 南靖—
- 厦门断裂 (12) 漳平—仙游断裂 (13) 闽清—连江断裂 (14) 惠安—华安断裂 (15) 晋江—岩溪断裂

Fig. 1 Seismogeology sketch map of the Quanzhou bay earthquake in 1604

在漳浦—金門—澎湖一带，分布着新第三纪末至第四纪初多次喷溢的玄武岩。

夹于两区之间的中断块差异活动显著。近期垂直形变测量结果也显示了这一振荡差异活动现象。莆田至泉州段，1953—1972年呈隆起—沉降—隆起差异运动，1953—1965年最大隆起速率为1.8mm/年；1965—1970年沉降速率为5mm/年；1970—1972年隆起速率为7mm/年。在兴化湾周围，其北侧龙高半岛的宏路—大丘在1956年至1972年属上升区，上升幅度达+34.9mm，速率为+2.2mm/年；南侧的莆田笏石半岛、莆田—石城为下降区，下降量26.5mm，其速率为1.8mm/年<sup>1)</sup>，表现了最为直观的差异活动地貌形态。断陷盆地—海湾及其周围的半岛断块也大多集中在这一区域。

据郭增建等(1973)研究，大震的震源是由应力积累单元和其两端的应力调整单元组合而成的(组合模式)<sup>[2]</sup>。作者认为，大震震中所处的泉州—南日岛断块(中断块)是大震的应力积累单元，其两端的南北断块分别为它的应力调整单元。

中断块周围为断裂所围限，其西界为南屿—一角美断裂，东界为近岸海域断裂，北以闽清—平潭断裂与北断块相邻，南以九龙江断裂、南靖—厦门断裂为界。如把极震区作为震源林的反映<sup>[3][4]</sup>，则泉州海外大震九度区在陆地上的范围正位于中断块内。而且，震前地震围空区、地震时形成的地裂和喷水冒砂区、余震的空间分布范围等也都位于该断块内(见图

1) 国家地震局福州地震大队、江西地震办公室地震烈度区划编图组，福建、江西地震烈度区划工作报告。

1604年泉州海外大震的孕育

1)，表明中断块属于应力积累单元。块体长度约200km，按公式 $M = 3.3 + 2.1lgL^{(5)}$ 求得震级为8.1级。另外在中断块区域内，除邻近边界地带有温泉分布外，区内极少有温泉出露。

在中断块南侧（南断块），断裂发育，分布有九龙江北西向断裂带和南靖—厦门东西向断裂，它们在漳州地区交汇。这一地区是地壳比较破碎的地区，而且，沿漳浦—金门—澎湖一带分布有新第三纪末至第四纪初的玄武岩，且温泉发育。因此，南断块属于应力调整单元。

积累单元北侧，不仅展布有闽清—平潭北西向断裂带，而且在福州盆地内温泉沿北西向断裂成带出露，水温高达97℃，是地热异常突出的地带。表明该区也属于应力调整单元。

## 二、大震的孕育过程

1. 长期（背景性）异常 这一阶段大约从1445年至1596年。在积累单元及其附近出现异常的地震活动空间图象<sup>2)</sup>（图2），形成了4级以上的地震围空区，其范围相当于震源区块体。中小地震大多数沿块体边缘活动，并出现北东、北西向两条地震活动带。在中断块内，晋江北西向断裂带的活动性加强，先后于1594年和1596年在安溪和洛阳发生了数次中小地震，最大震级4级，开始了早期前震活动。

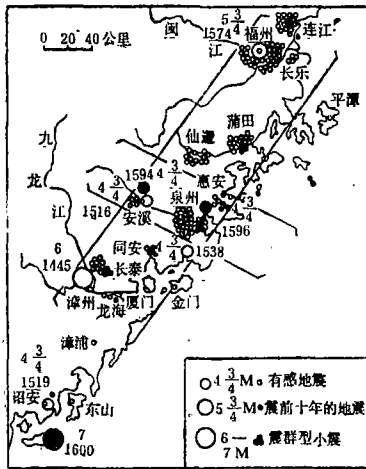


图2 大震前地震活动图象  
Fig.2 Spatial distribution pattern of earthquake before the Quanzhou earthquake

2. 中期（趋势性）异常 这一阶段大约自1597年到1603年底。据史志记载，在南调整单元，1597年漳州府各县出现：“无雨池井水上涌”<sup>3)</sup>，1598年漳浦县“铜壶山崩”<sup>3)</sup>。至1603年底，在泉州湾附近的南安官桥还出现荔枝冬季重又结果现象（康熙《安海志》）。同时小震活动有向震中区附近收缩的趋势。自1601年11月龙溪、海澄发生地震后，在震中区附近接连发生几次中小地震。在接近未来大震震中处，于1602年8月5日和8日发生两次有感地震。紧接着，1603年8月27日惠安“地大震”，至1603年12月，莆田“一夜五震”（《莆田大事记》），出现了震群型活动。此外，这一时期福建沿海还出现一系列气候异常；洪、

2) 雷土成、吕浩江、欧秉松，1604年泉州海外大震的烈度分布与地震活动，1985。

3) 光绪《漳州府志》、乾隆《海澄县志》、康熙《漳浦县志》。

早、海溢接连发生。分析上述现象，这个时期应相当于断层蠕动（可能伴有地下物质流迁移）和地壳介质进入非弹性体积应变阶段，使震源区附近出现塑性形变，微裂隙扩展，小震频度增高。

3.短期（加速性）异常 这一阶段大致从1604年2月至12月中旬末。随着大震的临近，积累单元内出现光电现象。1604年2月，晋江<sup>4</sup>、惠安有“火星如球，自南而北有声”（乾隆《晋江县志》、雍正《惠安县志》），这个时段，震中区附近的地震活动与前期相反，出现相当平静的状态，只有1604年4月泉州发生一次地震。但在积累单元南侧，地震活动又相对活跃，8月海澄发生地震，长泰则出现震群活动。

4.临震（突发性）异常 大约于震前八天内，中小地震活动在震中区附近重又活跃，在晋江、惠安等地发生小震群活动，震中区附近的前震活动，相应经过了“密集—平静—密集”阶段。另一个突出现象是南断块的漳浦灶山，无风无雨出现冒气如烟火，一、二日后忽又巨石下坠（康熙《漳浦县志》）。可见，破裂加速扩展，断层闭锁段发生预位移，断层蠕动并伴随地下物质流运移加速，预示着大震即将发生。大震发生时，地声、震动几乎同时出现。

综上所述，可以得出以下结论：

- 1.在应力积累单元和调整单元交接部位的漳州和福州地区，分别发生6级和5级地震，表明那里虽不能积累强大的应变能，但它是易于形成应力集中的地区。
- 2.在地震的孕育过程中，南断块调整单元首先出现地下水变化、地壳形变以及小震的频繁活动等前兆现象。随着大震的临近，应力积累单元出现了光、电现象以及小震的密集活动等现象。这些现象完全符合组合模式理论。

### 三、应力作用方式

据研究<sup>[6]</sup>，这次大震的发生，是在NEE或近EW向的压应力场作用下，乌丘屿断裂右旋水平错动的结果。

据泉州东塔碑刻记载，大震时东塔的顶盖椽石“从南圮者有二，从东南隅圮者有八”。可见椽石都是向偏南方向倾倒。在泉州东岳庙，还发现围长160cm的石柱朝SW方向错动了7.5cm，显示石柱也是向偏南方向移位。在南安孔庙也发现有石柱扭错现象。体积为26×26×210cm<sup>3</sup>的石柱，相对底座呈反时针扭错5°，扭距4cm。表明大震时地面作顺时针错动。

上述建筑物都位于断层的西盘。虽然地震遗迹不多，但它们所显示的断层错动方式与震源机制的结果相一致。位于断裂西盘的建筑物向偏南方向倾倒、移位或反时针扭错，正是断裂作顺时针错动的显示。其应力作用图象如图3所示。



图3 应力作用方式示意图

Fig. 3 Pattern of stress effect

4)《晋江县志》载：“开元六年（公元718年），析南安东南地置晋江县，泉州徙治焉……”，时县、府治均在泉州，1951年市、县分治，并迁县治于今址育阳寨。

## 1604年泉州海外大震的孕育

因为地震强度大，因此根据这次地震现象所推求的应力作用方式，可视为这一地区应力场的特征。实际上，该地震带上以后所发生的一些地震，也具有相似的应力场特征（见表1），主压应力都是NEE或近EW向，而且主压应力轴仰角都不超过 $10^\circ$ ，表明水平分量占优势。

表1

震源机制解

地 震	M	节 面 I			节 面 II			主张应力轴		主压应力轴		资料
		走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	方位角	仰角	方位角	仰角	
1604年泉州	8	$36^\circ$	SE	$49^\circ$	$327^\circ$	SW	$63^\circ$	$10^\circ$	$49^\circ$	$266^\circ$	$10^\circ$	(6)
1918年南沃	$7\frac{1}{4}$	$310^\circ$	NE	$70^\circ$	$37^\circ$	NW	$80^\circ$	$352^\circ$	$18^\circ$	$83^\circ$	$2^\circ$	(7)
1966年汕头	5.3	$31^\circ$	NW	$65^\circ$	$306^\circ$	NE	$80^\circ$	$351^\circ$	$25^\circ$	$256^\circ$	$10^\circ$	(5)

形成这一应力场的力源，可能是菲律宾海板块沿NW方向 and 欧亚大陆板块碰撞所产生的挤压作用，同时也与台湾海峡上地幔隆起所产生的推挤作用有关〔8〕。

如前所述，本区垂直差异活动显著，不仅历时长，而且规模大。据研究，地壳垂直差异活动显著是上地幔垂直运动在地面上的表现〔9〕。因此泉州海外大震的孕育，除上述水平力的作用外，还应包括垂直力的成分。

本文经王耀东、余兆康同志审阅并提出许多宝贵意见，谨致谢意！

（本文1986年8月10日收到）

## 参 考 文 献

- 〔1〕陈国田，关于福建海岸升降的几个问题，台湾海峡，Vol. 1, №1, 1982.  
 〔2〕郭增建、秦保燕、徐文耀、汤泉，震源孕育模式的初步讨论，地球物理学报，Vol. 16, 1973.  
 〔3〕国家地震局兰州地震研究所、宁夏回族自治区地震队，一九二〇年海原大地震，地震出版社，1980.  
 〔4〕谢元定、杨天锡，震源物理中一些宏观现象讨论，西北地震学报，Vol. 2, №3, 1980.  
 〔5〕郭增建、秦保燕，地震预报中的某些力学问题，力学，№1, 1977.  
 〔6〕张尚识，1604年泉州八级大震，华南地震，Vol. 1, №1, 1981.  
 〔7〕林纪曾，东南沿海地震的震源机制与构造应力场，地震学报，Vol. 2, №3, 1980.  
 〔8〕雷土成、吕浩江，1604年泉州海外大震的发展构造，台湾海峡，Vol. 4, №2, 1985.  
 〔9〕郭增建、秦保燕，震源物理，地震出版社，1979.

THE FAULT-BLOCK STRUCTURES ALONG THE FRINGE  
OF COASTAL CONTINENT IN FUJIAN PROVINCE  
AND THE PREPARATION FOR THE QUANZHOU  
BAY EARTHQUAKE IN 1604

Ou Bingsong and Lei Tucheng

(*Seismological Institute, Seismological Bureau of Fujian Province*)

**Abstract**

The fault-block structures are well developed in the coastal area of Fujian province. The boundary of the area is the Minjiang River and the Jiulong River. The differential movement of fault-blocks since neotectonic period may be divided into three regions, i.e. the northern, the southern and the middle. The preparation for 1604 Quanzhou earthquake is considered to be conform to the combinatorial model theory. The middle fault-block is corresponding to its accumulation unit of stress, the northern and southern fault-blocks are corresponding to its adjustment units of stress. They have quite different respectively. The preparation process of the earthquake is divided into several periods, and the patterns of stress effect and analyzed.