

台湾地区强地震活动特性及其解释

陆明勇¹, 杨 凌¹, 杨立明²

(1. 中国地震局综合观测中心, 北京 100039;

2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 通过分析 20 世纪台湾地区 6.5 级以上强地震的活动资料, 研究了 20 世纪台湾地区强地震的成带性、分幕性、迁移性等特性并解释了产生这些特性的原因.

主题词: 台湾; 强震; 地震活动性

中图分类号: P315.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2000)04-0436-06

0 前言

1999 年 9 月 21 日凌晨 1 点 47 分, 在台湾南投和日月潭之间发生了一次 7.6 级大地震, 其后不到一个星期的时间内, 又在震区发生了一连串的 6.0 级以上的强地震, 其中有 2 次 7.0 级以上的强震. 大地震后, 大陆地震科技工作者们马上对此次大地震以及趋势进行了研究^[1,2]. 本文对中国地震局监测预报司预报管理处于 1999 年 9 月整编的《中国强地震目录》中的台湾地区 6.5 级以上地震的资料进行了研究^①, 得出了 20 世纪台湾地区强地震的活动特性并给予了合理解释.

1 20 世纪台湾地区强地震活动特性

本文所说的台湾地区范围为: $20^{\circ} \sim 26^{\circ} \text{N}$, $118^{\circ} \sim 125^{\circ} \text{E}$. 该地区的地震活动, 无论在频度上还是强度上在我国所有的地震活动区中都占首位. 该地区在 20 世纪(1900 年 1 月 1 日 ~ 1999 年 12 月 31 日)共发生 $M \geq 6.5$ 地震 125 次, 其中 $7.0 \leq M < 8.0$ 地震 44 次, $M \geq 8.0$ 地震 2 次. 台湾地区的强地震活动在地理分布上比较集中, 在时间上比较不均匀, 即地理分布上也有西疏东密之分, 时序上也有动静之分(图 1 和图 2). 下面将详细论述 20 世纪台湾地区的强地震活动在时空方面的特性.

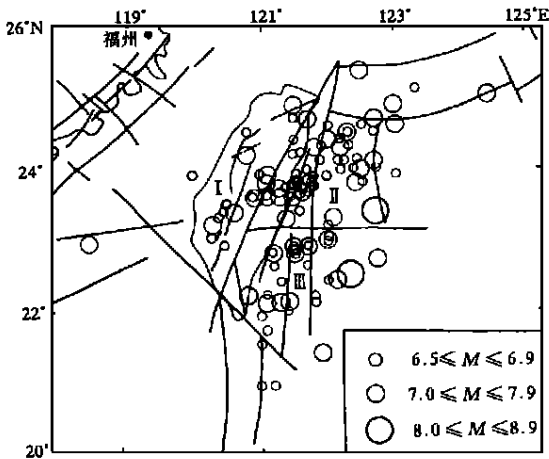
1.1 强地震活动成带性

由图 1 可见, 台湾地区 6.5 级以上的地震主要分布在纵谷地带、琉球岛弧与台湾本岛连结地区——宜兰平原及其以东的海域, 以及花莲以东海域到兰屿、火烧岛一带; 此外, 还有中央山脉西坡山麓带与滨海平原的交接带. 台湾地区强震分布具有鲜明的成带性. 对于这个特性, 已有学者研究并进行分带, 有按断裂带标准来划分的, 有按强地震活动本身来划分的, 有的考虑震级下限太大($M \geq 7.0$), 有的考虑震级下限太小($M \geq 4.0$). Ming-Tung Hsu 曾对台湾地

收稿日期: 2000-02-28

作者简介: 陆明勇(1965—), 男, 硕士, 工程师, 现从事地震活动性与地震预报研究工作.

① 中国地震局监测预报司预报管理处, 中国强地震目录(台湾部分), 1999. 168—198.



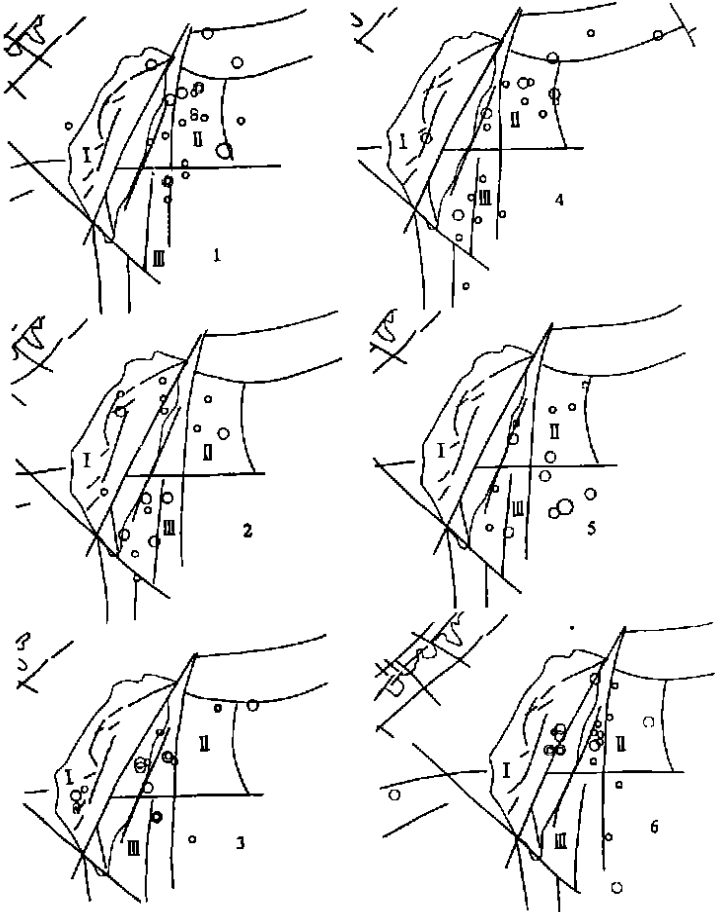
I 台西地震带; II 台东北地震带;
III 台东南地震带

图 1 20 世纪台湾地区地震震中分布
Fig. 1 Seismic epicentre ($M \geq 6.5$) distribution in Taiwan region in the 20th century.

1.2 强地震活动分幕性

20 世纪以来, 台湾地区的强地震活动明显具有幕的特性(图 2). 至于幕的分法, 不同的人用不同的指标进行分幕, 差别比较大. 本文利用 6.5 级以上强地震活动资料的蠕变曲线(图 3)、时序(图 4), 并考虑 7.0 级以上地震间隔不大于 5 a, 7 级地震前后往往伴有 6.5~6.9 级的地震来划分, 共分为 6 个活动幕(表 1). 1908-01-11 ~ 1923-11-19 为第 1 活动幕, 活动年限为 16 a, 6.5 级以上地震 25 次, 7.0 级以上地震 9 次; 1926-08-03 ~ 1938-12-07 为第 2 活动幕, 活动年限为 12 a, 6.5 级以上地震 16 次, 7.0 级以上地震 6 次; 1941-12-17 ~ 1952-06-20 为第 3 活动幕, 活动年限为 11 a, 6.5 级以上地震 26 次, 7.0 级以上地震 7 次; 1955-04-04 ~ 1968-02-26 为第 4 活动幕, 活动年限为 13 a, 6.5 级以上地震 20 次, 7.0 级以上地震 7 次; 1970-11-

区的地震进行划带, 但他利用的资料时间太短(1963 ~ 1969 年)和震级下限太小($M \geq 4.0$), 并且所划分的 3 个带与台湾地区现代地质构造相距甚远^[3]. 作者在对台湾地区地震的深度及频度进行了研究后, 认为他的地震带划分未将地震特性、地质构造相同的地区与地震密集区划为一个地震带. 所以为了更全面、更科学地研究强地震活动特征, 应考虑 6.5 级以上的地震, 标准仍以强地震活动本身并考虑台湾地区现代地质构造来划分带, 为此将台湾地区强地震分为以下 3 个带: I、台西地震带, II、台东北地震带, III、台东南地震带(图 1). 从表 1、图 2 可见, 在各个地震活动幕中, 这 3 个带的活动水平也不一样, 具体原因将在本文后面阐述.



1~6 分别表示活动幕序号; I ~ III 分别代表台西、台东北、台东南地震带
图 2 20 世纪台湾地区各活动幕地震 ($M \geq 6.5$) 分布
Fig. 2 Distribution of $M \geq 6.5$ earthquakes during each active substage in Taiwan region in the 20th century.

14~1983-09-23 为第 5 活动幕,活动年限为 13 a,6.5 级以上地震 13 次,7.0 级以上地震 7 次;1986-05-20~1999-11-02 为第 6 活动幕,活动年限为 14 a,6.5 级以上地震 22 次,7.0 级以上地震 9 次.从上述统计结果可以看出,每幕强地震活动时间平均为 13 a 左右,6.5 级以上地震次数平均约为 20 次,7.0 级以上地震次数平均为 7~8 次;而第 6 活动幕,活动年限 14 a,6.5 级以上地震 22 次,7.0 级以上地震 9 次,另外从第 6 幕的 1999 年 9 月 21 日发生的 7.6 级强地震及一连串强余震所释放的能量相当大来看,台湾地区要在短期内调整到位,积累大的能量再发生强地震可能性不大,所以作者认为 1999 年 9 月 21 日发生的 7.6 级强地震及强余震可能是第 6 活动幕结束的标志.

表 1 台湾地区强地震活动幕表

活动幕	起止时间	活动年限/a	6.5 级以上地震次数	7 级以上地震次数	主体活动带
1	1908-01-11~1923-11-19	16	25	9	I II III
2	1926-08-03~1938-12-07	12	16	6	I II III
3	1941-12-17~1952-06-20	11	26	7	I III
4	1955-04-04~1968-02-26	13	20	7	II III
5	1970-11-14~1983-09-22	13	13	7	II III
6	1986-05-20~1999-11-02	14	22	9	I III

由各幕的地震空间分布图(图 2)可知,强地震的分布有丛集的特点,特别是 7.0 级以上的地震,即是该幕的强地震相对集中在一个带内的某个地区,不是均匀分布在每个带内,发现先 II、III 带活动,再 I 带活动,且 II、III 带活动程度比 I 带高,这就是下面要阐述的台湾地区强地震的迁移

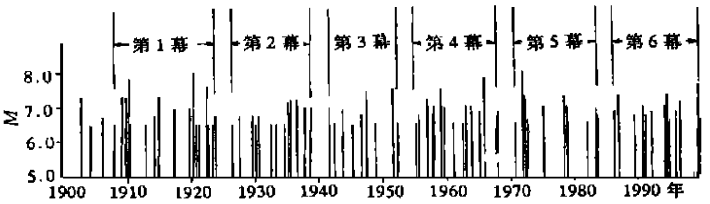


图 3 20 世纪台湾地区 $M \geq 6.5$ 地震分幕及各幕地震
Fig. 3 Substage of earthquakes ($M \geq 6.5$) and $M-t$ in Taiwan in the 20th century.

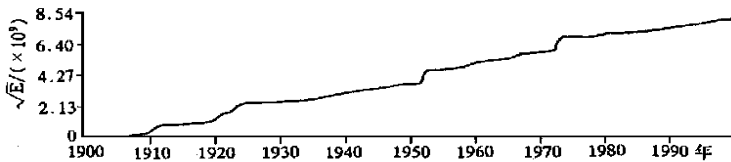


图 4 20 世纪台湾地区 $M \geq 6.5$ 地震的蠕变曲线
Fig. 4 Creep curve of earthquakes ($M \geq 6.5$) in Taiwan in the 20th century.

性.从上面的分幕来看,本文既考虑了 6.5~6.9 级地震,而且又使 7.0 级以上大地震数在各幕中比较均匀,因为一个 7 级以上的大地震释放的能量是一个 6.5 级以上地震释放能量的很多倍,所以本文在分幕时,既考

虑了 6.5 级以上的地震,又重视 7.0 级以上的大地震,因此这种分幕标准应比较正确合理.

1.3 强地震活动的迁移性

为了分析台湾强地震的迁移性,将 6 个幕中的地震沿台湾中央山脉分为东西两部分,并对它们的地震数分级列于表 2.

表 2 台湾东西强地震数分级表

活动幕	台东 6.5~6.9 级地震数	台东 7 级以上地震数	台西 6.5~6.9 级地震数	台西 7 级以上地震数
1	15	8	1	
2	6	5	4	1
3	16	6	2	1
4	13	6	0	1
5	6	7	0	0
6	11	4	2	5

由表 2 和图 2 可知, 第 1 幕主要为台东地震活动, 此时台东地震活动最强烈, 台西地震活动为中等强度; 第 2 幕台东地震活动为中等强度, 而台西地震活动最强烈; 第 3 幕台东地震活动又表现最为强烈, 可台西地震活动中等强度; 第 4 幕台东地震活动持续表现最强烈, 台西地震活动最弱; 第 5 幕地震活动台东为最强烈, 台西地震活动最弱; 第 6 幕台东地震活动为中等程度, 台西地震活动最强烈(图 5)。

所以, 可明显看出: 台湾地区强地震活动程度在台东、台西存在一个周期性的过程, 在时间上的分布也不均匀, 并且表现为从东到西的迁移, 强度从东到西依次减弱。

上面是从整个台湾地区来看的, 对于一个活动断裂带也有这种特性。大家知道: 巴士系断裂带在南海东北部, 即台湾和台湾海峡的南缘, 它从巴士海峡西侧往西北经澎湖列岛、台湾浅滩向西延伸到大陆内部闽、粤、赣 3 省交界的永安、寻乌一带。徐杰等在前人研究结果的基础上对巴士系地震构造带地震迁移活动进行了研究, 发现地震活动向西北迁移并程度渐弱(图 6)^[1]。

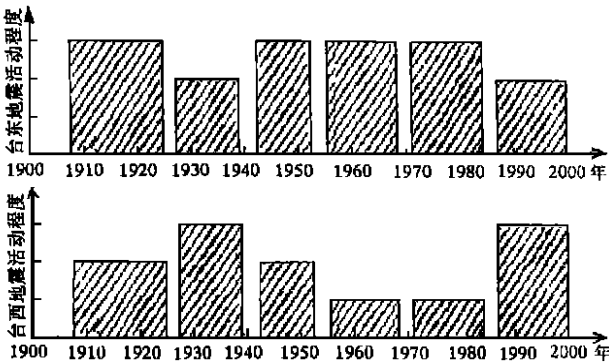


图 5 20 世纪台湾东西两部分地震活动程度对比

Fig. 5 Activity extent of earthquakes in east and west regions of Taiwan in the 20th century.

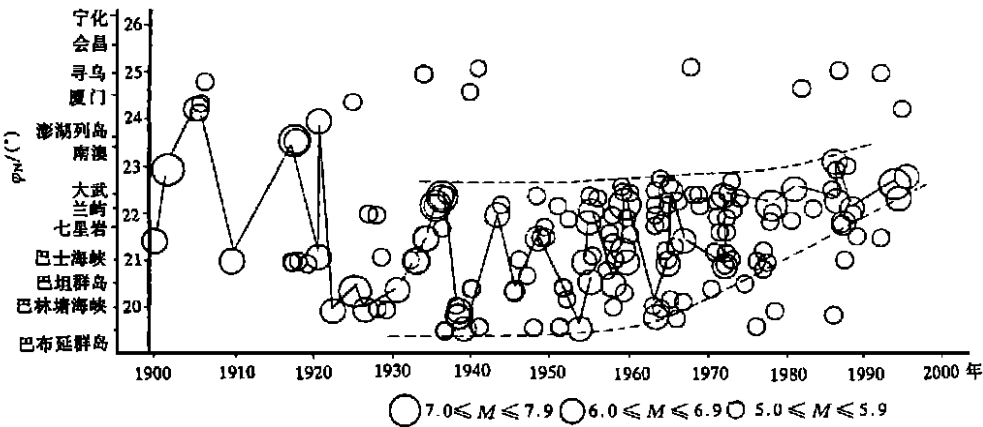


图 6 巴士系地震构造带地震迁移趋势

Fig. 6 Migration tendency of earthquakes in seismotectonic belt of Bashi series.

2 台湾地区强地震活动特性的解释

台湾地区强地震活动特性已在上面进行了阐述,可并未说明为何具有这些特性,下面将给予解释.

按照板块构造学说,台湾本岛属于板块边界上的岛弧构造,处于琉球岛弧和吕宋岛弧的转折部位,它成为欧亚板块与菲律宾海板块聚合挤压的地带,形成台湾本岛北接日本-琉球岛弧,南连菲律宾岛弧,地处两岛弧的交接地段(图 7)^[2].台湾地区板块构造特殊性表现在台湾本岛凸向大陆一侧,而不是像琉球岛弧那样凸向大海;台湾本岛附近海域不存在海沟,地壳内板块消失带不明显,也没有形成弧后盆地等^[4 5].

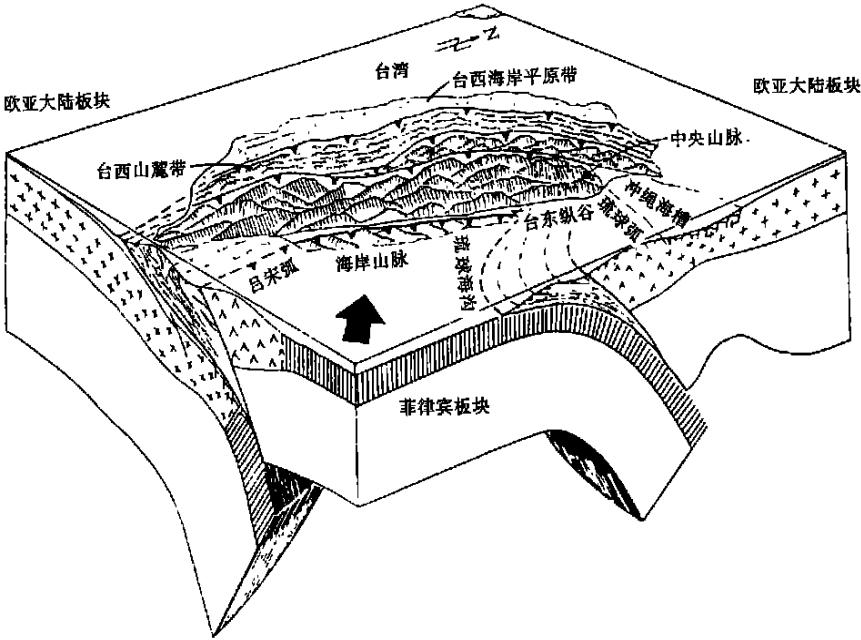


图 7 台湾板块构造及其板块间相互碰撞立体示意图

Fig. 7 Stereo-synoptic diagram of plate tectonics and plates collision in Taiwan region.

台湾东部现阶段的板缘构造作用表现为欧亚大陆板块与菲律宾海板块之间的碰撞,这种碰撞作用大约开始于 2000 ka 前,同时台湾也就进入了最强烈的造山运动时期,从而形成了今天的山麓、纵谷.目前,菲律宾海板块西北缘沿琉球海沟大约以 6 cm/a 的速率向北西西往大陆板块之下俯冲,西南缘北段大约以 7 cm/a 的速率沿马尼拉海沟往北北西向仰冲,而台湾本岛正位于板块两种俯冲方式发生转折的地段^{4~6]},同时,菲律宾海板块这种活动是具有周期性的,并受到其它大的板块影响,特别是太平洋板块的影响.因此台湾东部地区及其以东、东北、东南海域不仅构造复杂而且也是构造应力最易集中的地区,成为岛弧带中地震活动最为强烈的部分,同时这种地震活动也具有周期性,即幕性.

台西地震带现代构造运动最强烈部分在台西山麓丘陵带,开始于第四纪初期的造山运动,首先使中央山脉以较大的幅度和速度抬升,并把台湾变成地貌特征明显不同的东西两部分.在中央山脉以西,原来的台西晚第三纪盆地受到板块西向的推压作用,使盆地的盖层发生褶断,进而在中央山脉的西侧山麓地带形成台湾地区最为密集的一组东倾的冲断裂和褶皱^{4]}.台西山麓带的差异性构造运动强烈,并使得该带成为一个独立的地震活动构造带,它已属于欧亚大

陆板块, 包括的地震带有中央山脉、台西山麓丘陵带、台西海岸平原和台湾海峡东部; 同台东地震带相比, 台西地震带的地震孕育在构造环境上发生了根本的变化, 所以台西地震与台东地震活动方式不同, 它为板内地震, 具有震源浅、破坏性强的特点, 如 1999 年 9 月 21 日 7.6 级地震就位于台西山麓地带。由于海沟不存在、板块边界陡以及震源浅等板缘构造特点, 使菲律宾海板块在台湾东部因碰撞而引起的水平压力积累, 除大部分在纵谷以东以地壳的形变破裂、火山运动、地震活动和地热活动等形式释放能量外, 还有一部分向纵谷以西的板块内部传递, 这样就产生了台西、台湾海峡、西端大陆沿海地区的应力调整, 形成了一些地震构造带, 但在地震活动强度上, 从台湾东部向西依次递减, 地震活动时间从台湾东部向西部依次延后。

欧亚板块与菲律宾海板块碰撞产生水平压应力积累^[5], 但这种压应力的方向和大小在不同时间、不同地点也是不一样的, 并在一定范围内摆动; 同时碰撞产生的板块俯冲方式和速率也不是一成不变的, 再加上台湾地区独特复杂的现代构造环境, 使得台湾地区强地震活动带在 20 世纪各个活动幕中各不相同; 但板块运动、碰撞总的来说是有规律、有周期性的, 所以说 20 世纪台湾地区的强地震活动具有一定的特性。

3 结语

综上所述, 在 20 世纪台湾地区强地震活动具有成带性、分幕性、迁移性。这些特性是在独特的、复杂的现代地质构造基础上, 由于菲律宾海板块以一定速率碰撞欧亚板块并以一定速率在西北缘俯冲到欧亚大陆板块内部, 而西南缘以一定速率向上仰冲的结果。

在此感谢车兆宏研究员、张鹤高级工程师和范燕等同志的指导和帮助。

[参考文献]

- [1] 徐杰, 高战武, 周本刚, 等. 东南沿海地带近期地震活动性的分析[A]. 中国地震局地质研究所编. 地震危险性预测研究[C]. 北京: 地震出版社, 1999. 89—95.
- [2] 韩竹军, 李丽. 闽粤沿海近期(1~4年)存在发生5~6级地震的可能性[A]. 中国地震局地质研究所编. 地震危险性预测研究[C]. 北京: 地震出版社, 1999. 96—101.
- [3] Ming-Tung Hsu. Seismicity of Taiwan and some related problems[J]. Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, 1971, 8: 41—160.
- [4] 张裕明. 我国台湾岛的地震构造特征[J]. 地震地质, 1979 (4): 79—91.
- [5] 臧绍先, 周燕华, 雷卡侠. 台湾地区板块的相互作用及应力状态[J]. 中国地震, 1989, 5(2): 71—78.
- [6] 《中国岩石圈动力学地图集》编委会. 中国岩石圈动力学地图集(台湾部分)[M]. 北京: 中国地图出版社, 1989.

THE ACTIVITIES AND EXPLANATION OF STRONG EARTHQUAKES IN TAIWAN REGION

LU Ming-yong¹, YANG Ling¹, YANG Li-ming²

(1. Comprehensive Observed Center, CSB, Beijing 100039, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The activity information of strong earthquakes ($M_s \geq 6.5$) in Taiwan region in the 20th century is researched. The result shows that strong seismicities in Taiwan region in the 20th century have the characters of zonation, substage and migration. The reason that produces the characters is explained.

Key words: Taiwan; Strong earthquake; Seismic activity