

东亚地震活动的时空分布及其与区域应力场的关系

徐纪人 *

(中国兰州 730000 国家地震局兰州地震研究所)

赵志新

(中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所)

尾池和夫

(日本京都 606 京都大学理学部地球物理教室)

摘要

来自板块之间相对运动的构造力可以传递到大陆地壳,从而形成了大陆内部的地震应力场,在某一地区、包括小地震在内的地震活动性的分布可以反映该地区的应力场的变化。

根据这一观点,本文根据大量的震源机制解的结果以及最近 500 年的地震活动资料,详细地研究了东亚地区内几个地区的区域应力场的特征。其结果表明,来自太平洋板块相对欧亚板块的俯冲所形成的构造力,控制了从华北地区到南北地震带北段的应力场。

本文根据小震的地震活动变化的特征,讨论了日本一部分地区由地震活动性的变化所反映的区域应力场的变化。

中国西部以及印度-澳大利亚和欧亚大陆板块边界地区,最近大约 100 年地震活动性的同步变化表明,来自印度-澳大利亚板块和欧亚板块碰撞所产生的构造力,传递到了中国西部、印度-澳大利亚板块和欧亚大陆板块边界,以及中国西部的地震活动,现在依然处在地震活动高潮期。

关键词 地震活动性;孕震力;区域应力场;构造力;板块相对运动

1989 年 3 月 5 日收到本文初稿,1989 年 6 月 14 日决定采用。

* 现在日本京都大学理学部。

一、前　　言

众所周知,来自板块之间相对运动的构造力可以传递到大陆地壳,从而形成了大陆内部的地震应力场。因此,在一个地区,地震活动性变化以及地震时间和空间分布的变化,可以反映出该地区的地壳应力场的变化。所以,如果能详细地研究包括小地震在内的地震活动性的时空变化,那么就可以了解到该地区的应力场的变化。

根据以上观点,本文研究了东亚广大地区的地震应力场以及一部分地区的地震活动性的变化特征,并且讨论了其区域地震构造特征。本文还根据小地震活动性的变化特征和地质构造之间的关系,讨论了日本列岛一部分地区的区域应力场的变化及其应力场的动力学特征。

二、东亚地区的地震应力场

如果能得到一个地区的许多地震的震源机制解,那么就可以推断出这一地区的区域应力场的基本特征。这里将根据石川^[1]和Xu等^[2]确定和收集的震源机制解的结果,讨论东亚广大地区应力场的基本特征。

在东亚地区的日本列岛、朝鲜半岛和中国大陆地区发生了许多浅源地震。太平洋板块、菲律宾海板块和印度—澳大利亚板块,分别位于这一地区的东部、东南部和西南部。这些大板块之间的相对运动控制了东亚大陆地区的应力场。现将应力场的主要特征介绍如下。

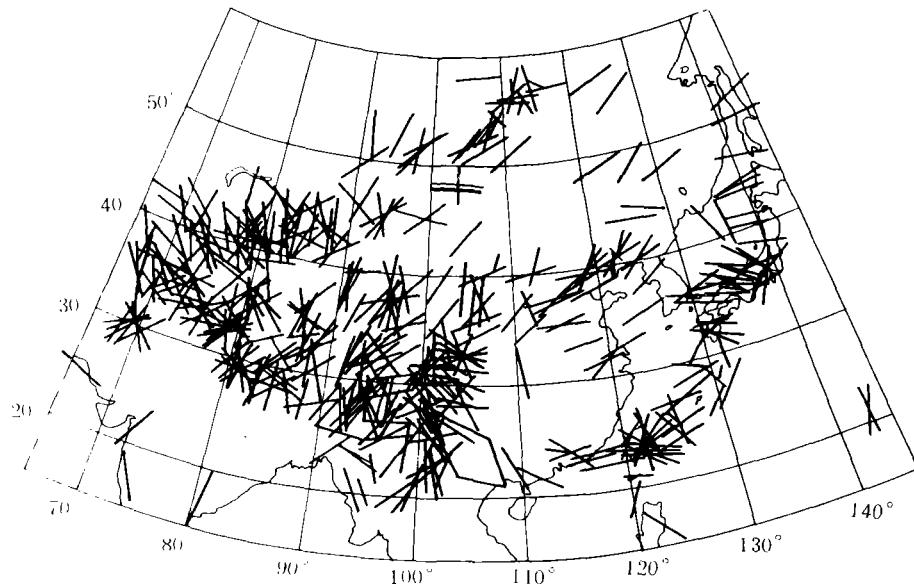


图1 东亚地区发生的浅源地震震源机制解的主压应力轴(P 轴)的水平分量的分布

图1和图2分别给出了自1918年以来大约70年间,在东亚地区发生的浅源地震震源机制解的主压应力轴(P 轴)和主张应力轴(T 轴)的水平分量的分布。可以看出,在日本的东北部,日本西南内带和朝鲜半岛的东北部的 P 轴方向,都接近南东东-北西西方向。这些方向差不多与太平洋板块和欧亚板块相对运动的方向一致。在从喜马拉雅山到中国的西北部地区, P 轴位于北北东-南南西和南北方向之间。这与印度-澳大利亚板块和欧亚板块相对运动的方向一致。但是,在华北地区和中国东北地区,应力场的 P 轴主要分布在北东东-南西西方向上。而仅仅根据地震震源机制解的 P 轴方向,来说明到底是上述二个相对运动当中的哪一个控制着华北地区的应力场的变化是非常困难的。本文将根据在东亚这些地区的地震活动的时间变化来讨论这一问题。

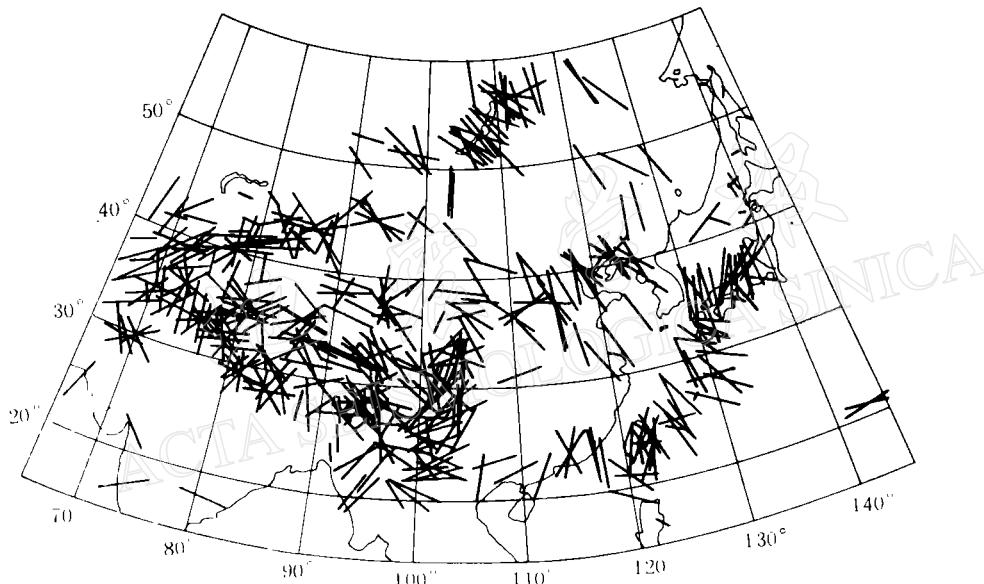


图2 东亚地区发生的浅源地震的震源机制解的主张应力轴(T 轴)的水平分量的分布

由图3中的1500年以来的长期的时间系列可以看出,在日本东北部和日本西南内带地区、朝鲜半岛地区、华北地区和南北地震带的北段,地震活动的平静期和活动期几乎完全一致,呈现出地震活动的同步变化。在1500—1750年之间以及1900年以后是这些地区地震活动的高潮期,而在1750—1900年期间是这些地区的地震活动的低潮期。这些变化反映了来自板块边界的构造力传递到了大陆板块的内部,从而引起了大范围内的应力同步的积累和释放过程。由太平洋板块的俯冲所产生的压应力场可能传递到了欧亚板块,并且控制着直到南北地震带北段的广大地区的应力场的变化。

由图2的 T 轴的分布可以看出,在华北及其邻区,大多数 T 轴位于北北西-南南东方向上。在贝加尔地区发生的地震差不多都是正断层型地震。这表明了在这个地区存在一个北北西-南南东方向的张应力场。上面所述的在贝加尔地区东南面的大范围的北东东-南西西方向上的压应力,可能是由沿板块的浅层传递的太平洋板块俯冲形成的构造力所产生的。而这一地区北北西-南南东方向的张应力的分布则可能是受到了地壳下面

的地幔物质的对流的影响而形成的。由于在这一地区同时存在着这二种应力,因而产生大的剪切应力导致发生走滑型大地震。

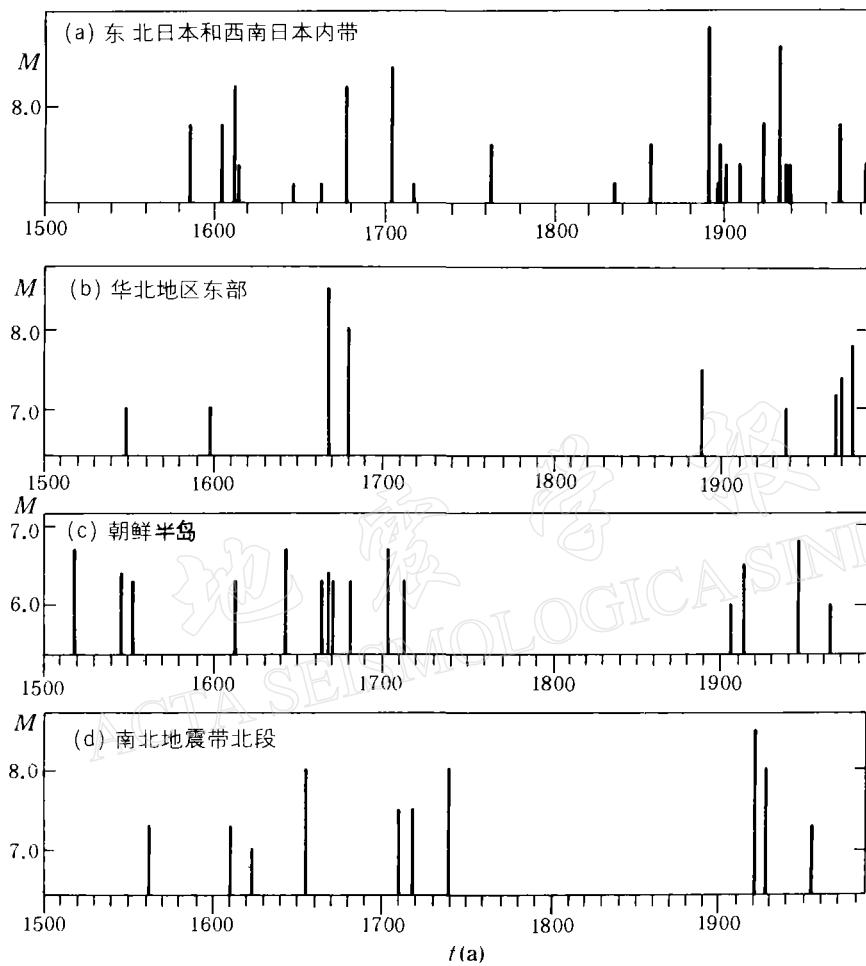


图 3 1500—1985 年的地震时间系列.[(b)、(c)、(d)引自文献[5]]

图 4 给出了东亚地区由震源机制解得到的地震的断层类型的分布。在图4 中按照断层面解的垂直分量地震被分为具有正断层分量和逆断层分量的二种。前者对应于由断层错动所造成的在水平面内面积增加的情形,后者对应于在水平面内面积减少的情形。许多具有逆断层分量型的地震集中在板块的边界,例如喜马拉雅山区 和微小板块边界,如天山地区。这些地震发生在压缩应力起主要作用的地区并引起了面积减少。但是,有许多具有正断层分量型的地震发生在青藏高原的中部和西部地区以及华北地区,在那里张应力场起了主要的作用,这些地震的发生引起了面积增加。

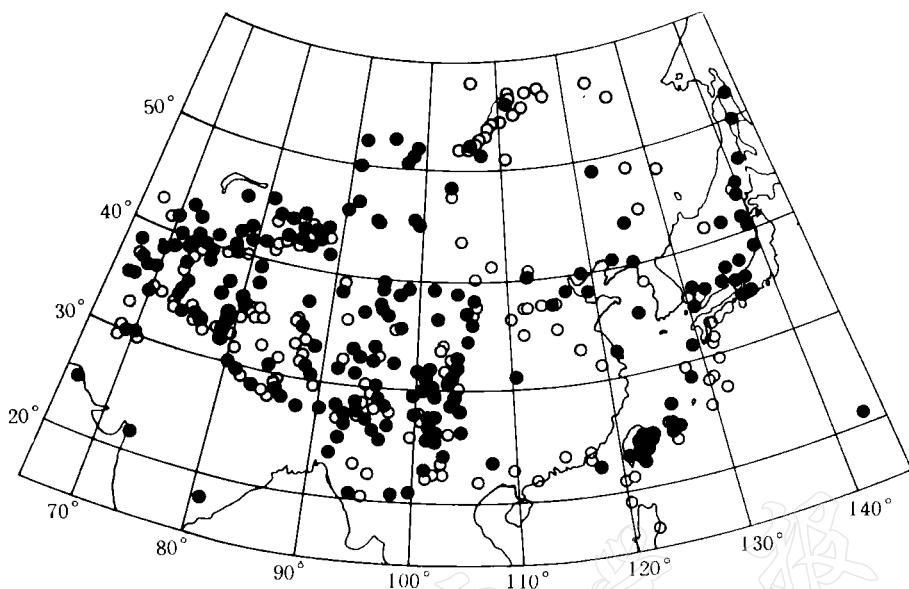


图4 具有正断层分量(空心圆)和逆断层分量(实心圆)的地震分布

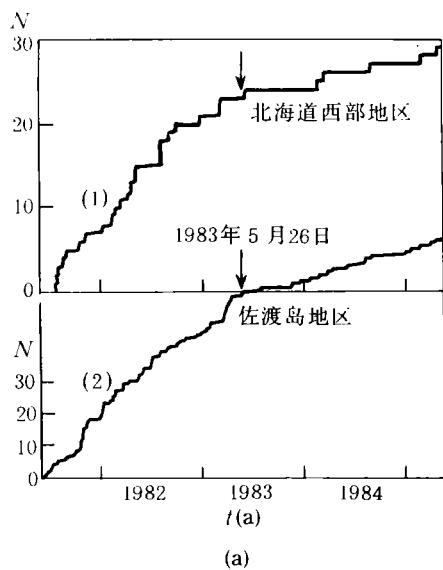
三、日本列岛地区的地震活动和应力场的变化

日本东北块体和日本西南块体在日本本州中部相撞. Oike 和 Huzita^[3] 以及藤田和尾池^[4] 根据以上的观点曾详细讨论过那里的地震活动和新构造运动的特征.

在日本海岸的东缘和日本东北块体之间的边界地区, 活动褶皱相当发育, 并且发生过多次 7 级以上地震. 那里最大的地震是 1983 年秋田附近日本海东缘的 7.7 级地震. 这个地震的发生对于日本广大地区产生了巨大的影响. 它使得沿日本海东缘地区的地震应力场减弱, 并使得日本西南地区东西方向的压缩应力场增强.

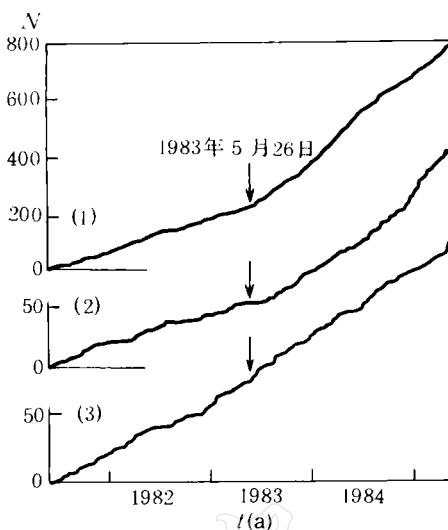
这次 7.7 级地震前后, 沿日本海东缘的地震数目变化以及在日本西南地区的地震数目变化分别表示在图 5a 和图 5b 中, 除了图 5b 中的(3)的情形以外, 这些地区的地震数目变化都直接反映了短期的应力场的变化.

日本西南外带的应力场直接受到菲律宾海板块俯冲的影响. 在菲律宾海板块和日本西南外带的边界南海海槽地区, 近来的大地震活动有 1944 年东南海地震 ($M7.9$) 和 1946 年南海地震 ($M8.0$). 这些大地震明显地引起了日本西南外带的地震活动的变化. 如图 6 所示, 1944 年东南海地震以后德岛地区的地震活动变得非常平静, 1946 年南海地震以后地震活动性又变得活跃起来. 东南海地震的发生使得德岛地区的应力场的水平下降, 所以那里的地震活动变得平静了. 南海地震以后, 作为南海地震的余震区的德岛地区的地震活动又变得活跃了. 这些现象可能与 Ichikawa^[5] 所描述的该地区的区域性震源机制的变化有关.



(a)

图 5a 7.7级地震前后发生在沿日本海东缘的地震数目所表示的地震活动的变化



(b)

图 5b 7.7级地震前后西南三地区的地震数目变化.(1) 和歌山;(2) 四国东部;(3) 丰后水道附近地区

象这些与板块构造密切相关的地震活动性的变化反映了孕震力从板块边界通过地壳传递到了远离板块边界的大陆岩石层.

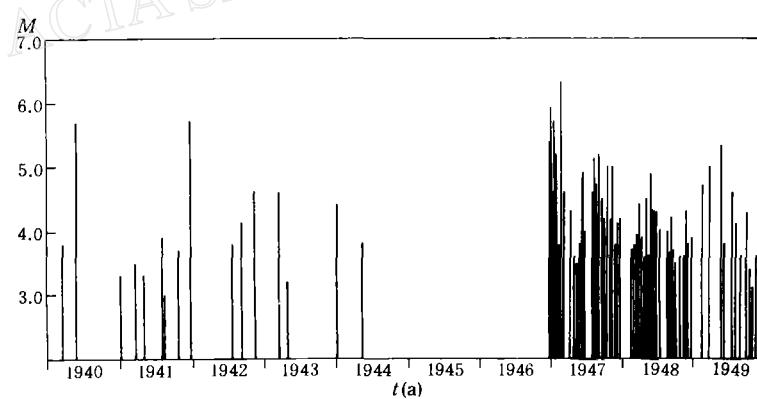


图 6 1940—1949 年四国东部德岛地区的地震活动的时间系列. 1944年东南海地震以后直到 1946 年南海地震期间, 地震活动变得平静

四、中国西部地区的地震活动性和地震应力场

从喜马拉雅山区通过青藏高原到天山地区的中国西部地区的地震活动性受到了印度—澳大利亚板块和欧亚板块的相对运动的影响.

因为中国西部没有历史地震资料,本文分析了自1897年以来大约100年的地震活动。图7的结果显示出,中国西部的地震活动,与印度—澳大利亚板块和欧亚板块的边界地区的地震活动有关,它们的地震活动的活动期和平静期的变化是同步的。这就意味着中国西部的应力场受到了印度—澳大利亚板块和欧亚板块相对运动的控制。

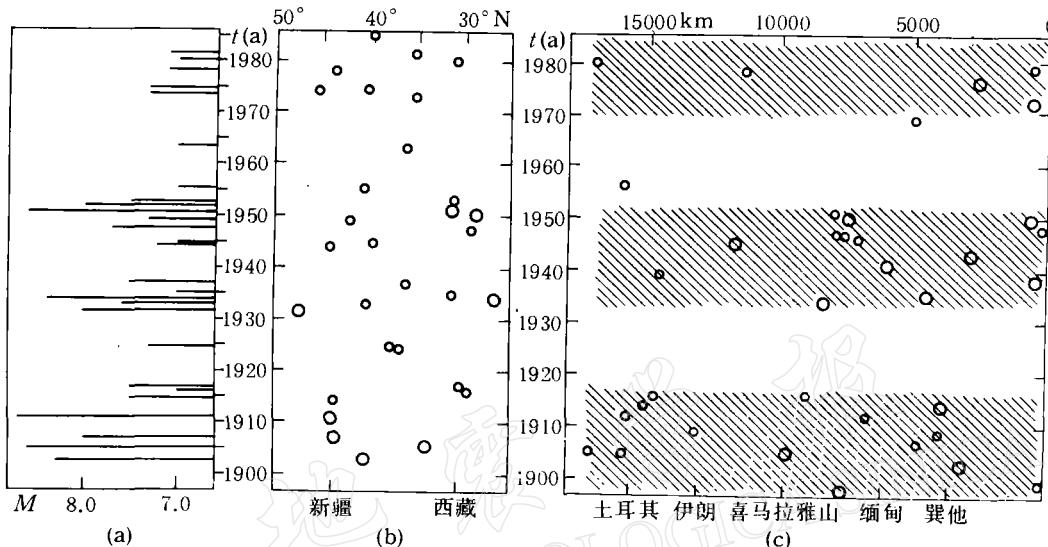


图7 (a) 中国西部1897—1985年的地震($M \geq 7.0$)时间系列; (b) (a)中的地震的时空分布; (c) 沿印度—澳大利亚和欧亚板块边界的地震($M \geq 7.7$,深度 ≤ 100 km)的时空分布(图中1897—1970年的部分资料引自文献[7])。 (b)和(c)中大小圆圈分别表示 $M \geq 8.0$ 和 $M < 8.0$ 的地震

这些地区的地震活动高潮期仍在继续。在印度—尼泊尔边界地区的1988年地震($M7.0$)以后,沿着欧亚板块的南部边界发生了许多大地震,同时中国西部的地震活动也变得活跃起来。1988年11月6日云南省澜沧—耿马7.6级地震、1988年11月16日青藏高原的唐古拉山地区的7.0级地震等,都发生在受欧亚板块南部边界的碰撞而产生的压应力场起主要作用的地区中。

如果能象本文所列举的例子这样系统地分析某些地区的地震活动的时空变化,这对长期地震预报是非常有用的。进一步对东亚地区的地震活动和震源机制进行详细的研究,对于理解东亚地区的新构造亦是十分重要的。

参考文献

- [1] 石川有三,1986.東アジアのテクトニクス.地震学会講演予稿集, No.2,A35,35.
- [2] Xu, J. R., Zhao, Z. X., Ishikawa Y. and Oike, K., 1988. Properties of the stress field in and around West China—Derived from earthquake mechanism solutions. *Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University*, **38**, Part 2, 49—78.
- [3] Oike, K. and Huzita, K., 1988. Relation between characteristics of seismic activity and neotectonics in Hosou,

- Japan. *Tectonophysics*, **148**, 115—130.
- [4] 藤田和夫、尾池和夫, 1981. 本州弧の活構造と地震活動. 科学, **51**, 704—711.
- [5] 赵志新、松村一男、尾池和夫、石川有三, 1988. 東アジアにおける地震活動変化の地域的特徴と関連性について(3)中国西部と隣接地域. 地震, 第2辑, 第41卷, 389—400.
- [6] Ichikawa, M., 1965. The mechanism of earthquake occurring in Central and Southwestern Japan and some related problems. *Papers Meteorol. Geophys.*, **16**, 104—156.
- [7] Mogi, K., 1974. Active periods in the world's chief seismic belts. *Tectonophysics*, **22**, 265—282.

SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION OF SEISMIC ACTIVITY IN EAST ASIA AND ITS RELATION TO REGIONAL STRESS FIELD

Jiren Xu

(Lanzhou Earthquake Research Institute, State Seismological Bureau, Lanzhou 730000, China)

Zhixin Zhao

(Institute of Geophysics, State Seismological Bureau, Beijing 100081, China)

Kazuo Oike

(Geophysical Institute, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto 606, Japan)

Abstract

Tectonic forces from the relative movements between plates are transmitted into the continental crust, and then they create the earthquake generating stress field there. The space-time distribution of the seismic activity including the small earthquakes in a region reflects the variation of the stress field in the region.

According to this idea, the characteristics of the stress fields in the various regions of East Asia have been analyzed in detail in this paper based on a lot of solutions of focal mechanisms and data of seismic activity during the last 500 years. The results indicate that the tectonic forces from the subduction of the Pacific Ocean plate underneath the Eurasian plate control the stress field in the region from North China to the northern part of the North-South Seismic Belt.

The variation of the regional stress field shown by the variation of seismic activity in some regions of Japan has also been discussed based on characteristics of variation of the seismicity of small earthquakes.

Synchronous variations of seismicity in the past 100 years or so in West China and in the boundary region between the Indo-Australian and Eurasian plates implicate that there is the transmission of tectonic forces into West China through the collision between the Indo-Australian and Eurasian plates. The active seismic activity in the boundary region between the Indo-Australian and the Eurasian plates and in West China is continuing consistently.