

地震活动周期的谱分析

柯龙生

(福建省地震局)

摘 要

本文通过谱分析方法,探讨了台湾东带、台湾西带和泉州—汕头地震带地震活动的周期性。结果表明,这三条地震带均隐含了2—3种周种;三条地震带的卓越周期分别为17、30和335年。即由板块冲撞部位向大陆内部,地震活动周期由十几年增加到几百年。这一现象可能反映了板块活动及其对大陆内部作用的某种规律。深入研究这三条地震带的地震活动规律,有可能揭示板缘与板内地震之间的内在关系。

一、引 言

对福建沿海地区影响较大的地震主要来自泉州—汕头地震带和台湾地区,其最大地震均为8级。观测事实表明,这两个地区的地震活动随时间分布具有一定的重复性,即类周期现象。无论是中、长期地震预报还是地震区划,均要求我们探讨这些地震带(区)的活动周期。以往对周期的确定,主要基于对频度或能量随时间变化的某些特征的定性分析。由此得到的周期只能是单一的、定性的。而实际的地震活动时程曲线,往往是数种周期的组合。我们希望通过谱分析方法,研究上述地震带的时间谱结构,从而确定其活动周期。

二、资料及分析方法

1. 资 料

为了获得尽可能长的资料,我们使用了《中国地震目录》^{[1][2]}所提供的参数,1980年以后的资料,取自《福建地震台网观测报告》。考虑到地震活动的差异性,分台湾东带、台湾西带^[3]和泉州—汕头地震带(图1),分别讨论其地震活动的周期。台湾东、西带和泉州—汕头带所取震级下限分别为5.0、5.0和4.5,资料的时间段分别为1900~1985、1600~1985年和1000~1985年。

2. 分析方法

(1) 取时间间隔 $\Delta t = 1$ 年,以 Δt 内的累积地震归一化频度

$$f_i = \frac{\sum_{j=1}^{L_i} n_{ij}}{\sum_{j=1}^{L_i} E_{ij}} = \frac{\sum_{j=1}^{L_i} E_{ij}}{\sum_{j=1}^{L_i} E_{ij}} \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \quad (1)$$

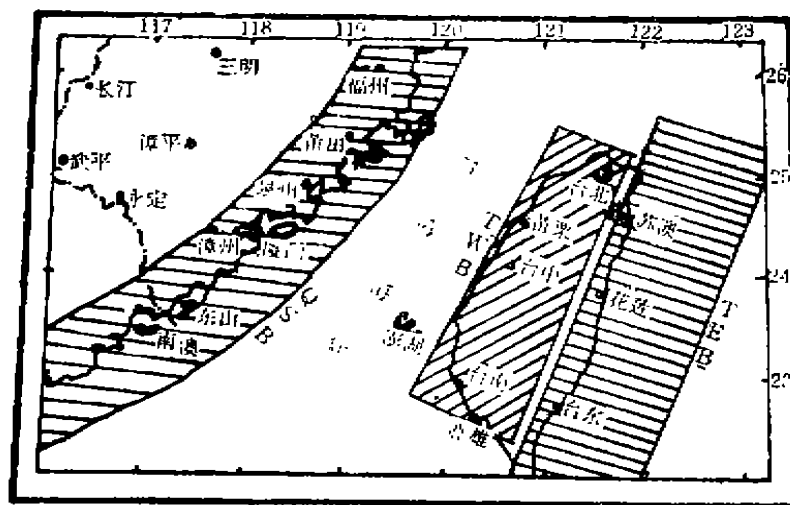


图1 地震带划分

TEB—台湾东带, TWB—台湾西带; QSB—泉(州)—汕(头)带

Fig. 1, division of the seismic belts

TEB—the belt of east Taiwan; TWB—the belt of west Taiwan;

QSB—the Quanzhou-Shantou belt

为时间序列, 其中 E_{ij} 为第 i 年里第 j 个地震的能量, E_0 为视一化震级 M_0 对应的能量, 本文取下限震级为 M_0 , L_i 为第 i 年的地震总数, N 为资料长度, n_{ij} 为归一化频度。

(2) 数据的标准化

令:

$$x_i = f_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, N) \quad (2)$$

把原时间序列 $\{f_i\}$ 化为零均值序列 $\{x_i\}$ 。

(3) 用相关变换求功率谱^[4]:

设序列 $\{x_i\}$ 的自相关函数为

$$R(\tau) = \frac{1}{N-\tau} \sum_{i=1}^{N-\tau} x_i \cdot x_{(i+\tau)} \quad (\tau=0, 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

τ 为时间延迟, m 为最大时间延迟。采用下列三种类型的窗函数来消除负边瓣:

$$\text{哈明窗: } W_1(\tau) = (0.54 + 0.46 \cos \frac{\pi \tau}{m}) / m \quad (4)$$

$$\text{高斯窗: } W_2(\tau) = \frac{1}{m} \exp(-2\tau^2 / m) \quad (5)$$

$$\text{三角窗: } W_3(\tau) = \frac{1}{m} (1 - \tau / m) \quad (\tau=0, 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

令: $C_i(\tau) = R(\tau) \cdot W_i(\tau) \quad (i=1, 2, 3) \quad (7)$
 则离散时间序列 $\{x_i\}$ 的离散功率谱为

$$P_i(L) = \frac{1}{m} [C_i(0) + 2 \sum_{\tau=1}^m C_i(\tau) \cos \frac{L\pi\tau}{m} + C_i(m) \cos(L\pi)] \quad (8)$$

$$0 \leq L \leq m \quad (i=1, 2, 3)$$

三、结果及讨论

本计算是在PDP—11/23机上完成的。本文从以下两方面讨论谱估计值的可靠性: ①固定窗函数, 讨论不同窗长度的影响; ②固定窗长度, 讨论不同窗函数的影响。

图2给出前述三条地震带的时间序列的功率谱曲线, P_i 为加哈明窗的功率谱, P_i 为窗长 m 固定时, 不同窗函数的谱曲线。由图可见:

(1) 当窗函数固定时(图2~a、b、c), 随着窗长度 m 的增大, 谱曲线的峰增多, 即可分辨的周期成分增多。当周期可分辨时, 不同窗长给出的周期比较一致。

(2) 当窗长度 m 固定, 改变窗函数时(图2~a'、b'、c'), 以哈明窗给出的谱曲线最为稳定, 三角窗对应的谱曲线波动最大。但三种窗给出的周期成分是比较一致的。

谱曲线的峰所对应的周期, 即地震活动周期。表1—3分别列出了上述三条地震带哈明窗函数下, 不同窗长度所对应的周期。由图2及表1~3可见:

(a) 台湾东带时间序列谱曲线有三个峰值, 分别对应3.0、6.4和17年三种周期, 突出的周期是3.0年和17年, 17年周期对应的峰值最高。因此认为, 台湾东带地震活动可能隐含了三种周期成分, $T_3=17$ 年为卓越周期。

表1 台湾东带地震活动周期表 m : 窗长(年) T_i : 周期(年)

Table 1 period of seismic activity at the belt of east Taiwan

m	8	10	15	18	21	23	25	平均
T_1	2.7	2.9	2.7	3.0	3.2	3.1	3.1	3.0 ± 0.2
T_2			6.0	6.0	7.0	6.6	6.3	6.4 ± 0.4
T_3	16.0	20.0	15.0	18.0	21.0	15.3	16.7	17 ± 2

(b) 台湾西带时间序列谱曲线有二个峰, 分别对应9.5和30年两种周期, 后者所对应的谱幅度约为前者的两倍。因此台湾西带地震活动可能隐含了两种周期成分, $T_2=30$ 年为卓越周期。

表2 台湾西带地震活动周期表 m : 窗长(年) T_i : 周期(年)

Table 2 period of seismic activity at the belt of west Taiwan

m	40	45	50	60	65	70	75	80	90	100	平均
T_1	10.0	10.0	9.1	9.2	9.3	9.3	9.4	9.4	9.4	9.5	9.5 ± 0.3
T_2		30.0	30.3	30.0	32.5	28.0	30.0	32.0	30.0	28.6	30.2 ± 0.9

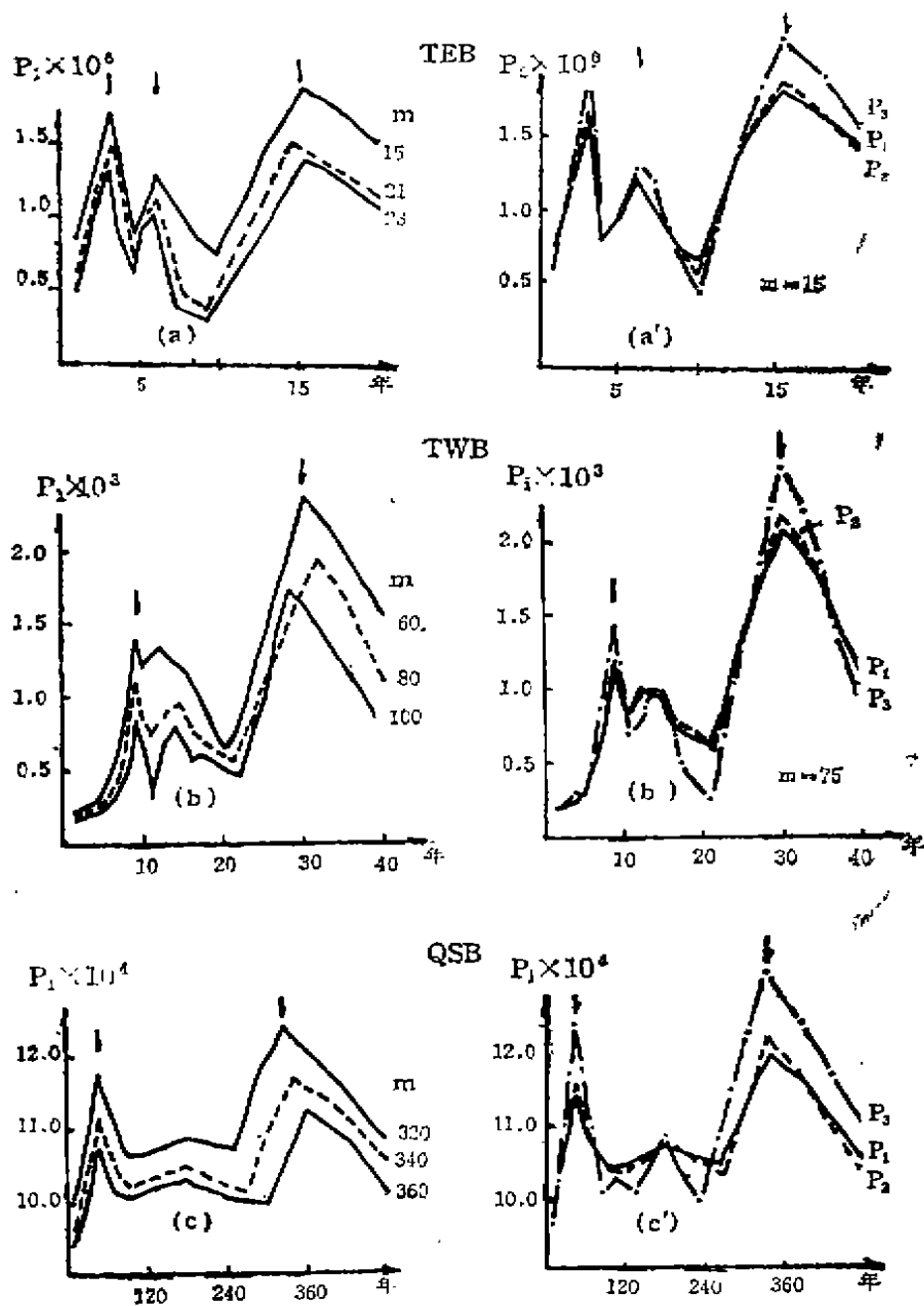


图2 地震带时序系列的功率谱曲线
Fig. 2 spectral curve of seismic belts in time series

(c) 泉州—汕头地震带时间序列谱曲线有二个峰，分别对应45和330年两种周期，后者所对应谱幅度大于前者。因此泉—汕带地震活动可能隐含了两种周期成分， $T_2=330$ 年为卓周期。

表3 泉—汕带地震活动周期表 m : 窗长(年) T_i : 周期(年)
Table 3 period of seismic activity at the belt of Quanzhou-Shantou

m	300	310	320	330	335	340	350	360	平 均
T_1	42.8	44.3	53.3	44.6	44.7	45.3	53.6	45.0	45 ± 3
T_2	300	310	320	330	335	340	350	360	330 ± 19

上述结果表明, 台款东、西带和泉州—汕头地震带地震活动可能均隐含了两、三种周期成分。台湾东带的卓越周期最短, 仅17年左右; 台湾西带次之; 泉—汕带最长, 约330年; 即由板块冲撞部位向着大陆内部, 地震活动周期由十几年增加到几百年。这一现象可能反映了板块活动及其对大陆内部作用的某种规律。在板块相互冲撞部位, 构造运动剧烈, 应变积累速率快, 地震活动周期短; 在离开板块冲撞部位的区域和大陆内部, 板块运动的响影逐渐减弱, 应变积累速率逐渐减慢, 地震活动周期亦逐渐增大。对这三条地震带之地震活动规律作进一步深入的研究, 有可能揭示板缘地震与板内地震活动之间的内在关系。

参 考 文 献

- [1] 顾功叙等, 中国地震目录(公元前1831~1969), 科学出版社, 1983.
- [2] 顾功叙等, 中国地震目录1970~1979, 地震出版社, 1983.
- [3] 徐明同, 台湾地震活动性及一些有关问题, 中国科学技术情报研究所, 1972.
- [4] M·巴特, (1978), 地球物理学中的谱分析, 地震出版社, 1978.

SPECTRAL ANALYSIS OF THE PERIODS IN THE SEISMIC ACTIVITY

Ke Longsheng

(Seismological Bureau of Fujian Province)

Abstract

In this paper, the periods of the seismic activity in the east and west of Taiwan and Quanzhou-Shantou belts are studied. The result shows that all of the three belts contain two or three types of periods. The predominate

period of the three belts is 17, 30 and 335 years respectively, the period increases from 17 to 335 years with the site of the plate in collision toward the inside of continent. This may suggest some regularity about the activity of plates and their actions on the inside of the continent. Going further into the question of the regularity about seismicity in the three belts, we may reveal the correlation of seismicity in the edge and the inside of the plate.

◀ 新书简介 ▶

《地震社会学初探》简介

地震是群害之首。由地震引起的社会问题相当复杂,对这些问题的分析研究,从而得出有益于减轻地震灾害的认识、措施与方法,无疑是地震社会学的对象和主要任务。首次提出地震社会学一词是1977年1月在东京举行的日美地震预报讨论会。其后,地震社会学发展迅猛。1979年4月在巴黎召开的国际地震预报讨论会上,7个专题组中就有4个专题组30余篇论文专门讨论地震社会学问题。同年,我国成立了地震社会研究室(隶属国家地震局地球物理研究所)。

地震社会学有狭义和广义之分。狭义地震社会学着眼于地震预报的社会经济影响问题。广义地震社会学不仅研究地震预报对社会、经济、心理等方面的影响,而且研究地震及其灾害对社会,社会对地震防灾减损等广泛的社会、经济、心理等问题。

地震社会学是一门边缘学科。她不仅需要地震学方面专家参加,而且也需要社会学、法律学、心理学、经济学、建筑学、医学等领域专家参加。《地震社会学初探》是不同学科专家结合的产物,是值得向广大读者推荐的一本有关地震社会学研究的理论专著。

《地震社会学初探》由地震出版社出版。作者是陈菲比和王子平同志,全书分为总论、地震灾害的社会分析、震害防御研究、灾时社会行为与社会问题、结语五部分。总论主要介绍地震社会学的历史使命、研究任务和内容。第二部分共四个章节,分别论述地震与地震灾害,人的生存与震灾要素,震灾的评估与分级,地震灾害与人类社会。第三部分有五个章节,分别论述震灾防御,两难中的地震预报,地震灾害预报,地震救灾的社会目标及其实现,灾民自救与精神救灾。第四部分论述灾时行为研究,灾后社会机体的整合,震灾诱发的社会问题。结语部分呼吁地震学家和社会学家联合起来,为地震社会学的发展,为减轻地震灾害而共同奋斗。

(郭钦华)

BRIEF INTRODUCTION OF《PRELIMINARY STUDY OF SEISMOSOCIOLOGY》

Guo Qinhua

(Seismological Bureau of Guangdong province)