

东北深震区的地震活动与中国大陆 强震活动相关特征的初步研究^{*}

刘维贺¹, 王振亚¹, 许勤²

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 西宁市地震局, 青海 西宁 810001)

摘要: 根据历史地震活动资料, 分析研究了我国东北深震区的地震活动与中国大陆地区地震活动的相关特征. 结果表明, 中国大陆地震活动高潮期的地震活动水平和6.5级以上深震的发生有密切关系. 深震发生后3年以内, 中国大陆强震活动明显增强. 这些强震沿北纬40°线和南北地震带呈优势分布.

关键词: 深源地震; 地震活动性; 地震相关活动; 东北深震带

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)01-0068-06

0 前言

对于东北深震区的地震活动, 许多学者从不同角度做了研究, 并取得了一些研究成果. 甘肃省1999年度震情研究报告也明确指出, 中国大陆地震活动高潮期的地震活动水平和东北深震区是否有强震活动明显相关. 东北深震区发生地震后, 一般在3~4年内中国大陆地区都有强震发生, 并且这些地震发生在一定的区域范围内. 郭增建等^[1]指出, 东北深震区是中蒙地区发生8级和8级以上地震的穴位点. 这也说明二者之间是有一定联系的.

1 东北深震区及邻近地区深震活动特征

图1给出了东北深震区及邻近地区地震的空间分布. 由图1可见, 地震空间分布明显形成NS和EW向2个近于正交的条带. 本文所指的深震区位于2个条带交汇处. 需要指出的是, 本文划分的地震带和传统地震带的概念不同. 由于研究的是深源地震, 因此划分地震带时仅考虑了震源深度的变化.

图2给出了EW向深震条带的震源深度分布. 各次地震参数见表1. 从图2可以看出, 沿EW向深震带的震源深度由浅变深. 条带东侧震源深度为100 km, 至西侧震源深度则加深到600 km. NS向深震带的震源深度为400~600 km, 分布较为均匀, 没有明显变化, 见图3.

收稿日期: 1999-09-18

^{*} 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2000013

作者简介: 刘维贺(1946—), 男(汉族), 北京市人, 副研究员, 主要从事地震预报及相关研究工作.

2 中国东北深震区地震活动与中国大陆地区地震活动的关系

2.1 深震活动与地震活跃期

自 1900 年以来, 中国大陆地区的地震活动可以划分为 6 个活跃期. 在前 4 个地震活跃期中, 东北深震区都有 6.5 级以上地震发生, 相应地震震活跃期的地震活动水平也较强. 而在第 5 个地震活跃期中, 由于东北深震区无 6.5 级地震发生, 因此该活跃期

内的地震活动水平较低, 最大震级仅为 $M_s 7.6$ (图 4), 平均释放能量只有 7.7×10^{15} 焦耳 (表 2). 从图 4 还可以看出, 在平静期内没有深源地震发生. 目前中国大陆地震活动处于 1994 年开始的第 6 地震活跃期内. 1999 年 4 月 8 日东北珲春地区发生了 7.0 级深震, 根据以上分析, 中国大陆地区第 6 活跃期内的地震活动水平有可能增强.

2.2 区域相关特征

图 5 给出了东北深震区发生 6.5 级地震以后, 中国大陆地区 3 年以内发生 $M_s \geq 7.0$ 地震的震中分布. 从图 5 中可以看出, 中国大陆地区的地震活动明显分为 2 个条带, 一条沿 $40^\circ N$ 分布, 另一条沿 $N45^\circ E$ 分布. 北 $45^\circ E$ 地震带的范围以南北地震带为主. 沿该带的相关地区还有中缅交界地区. 沿 $40^\circ N$ 的主要相关地区有中蒙交界、新疆西部和华北东北部. 此外西藏南部和东南沿海各发生了一次地震.

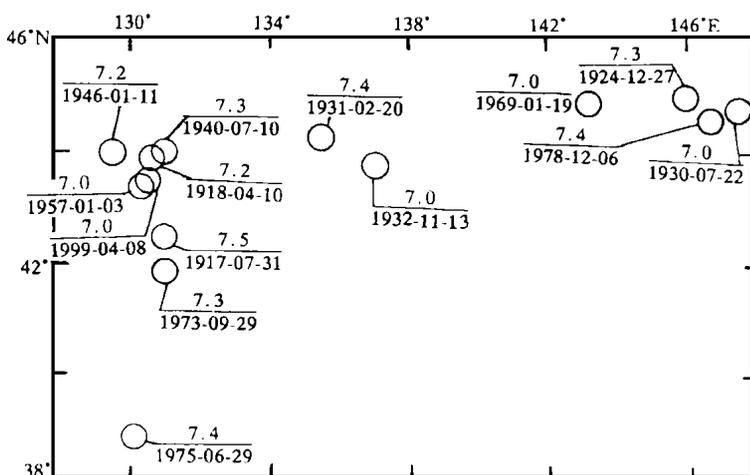


图 1 东北深震区及邻近地区深震分布

Fig. 1 Distribution of deep-focus earthquake of northeastern China and neighboring area.

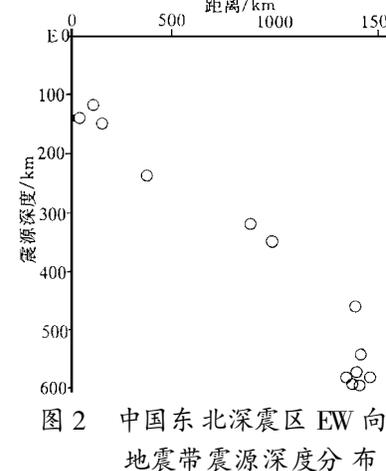


图 2 中国东北深震区 EW 向地震带震源深度分布

Fig. 2 Focal depth distribution along the deep earthquake zone of EW of northeastern China .

2.3 时间相关特征

表 3 列出了 6.5 级以上地震的有关参数及深震发生后 3 年内中国大陆地区的强震参数, 并给出了二者的时间差 ΔT . 从表 3 中看出, 深震发生后平均 10.5 个月中国大陆地区有强震发生. 时间差最短的只有 5 天, 最长可达 33 个月. 据此可以对中国大陆地区的地震趋势做出大致的估计.

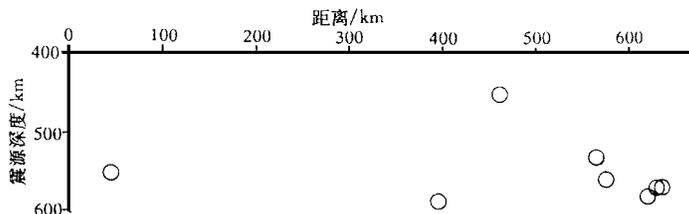


图 3 中国东北深震区 NS 向地震带震源深度分布

Fig. 3 Focal depth distribution along the deep earthquake zone of NS of northeastern China .

表1 中国东北深震区EW向深震带地震参数

序号	时间	震中位置		震级 (M_S)	震源深度 /km	发震地点
		北纬	东经			
1	1905-09-01	45°00′	143°00′	7.5	230	日本
2	1917-07-31	42°30′	131°00′	7.4	460	中国黑龙江近海
3	1918-04-01	43°30′	130°30′	7.1	570	中国吉林
4	1924-12-27	45°00′	146°00′	7.3	150	鄂霍次克海
5	1930-07-22	44°48′	147°30′	7.0	140	千岛群岛西南
6	1931-02-20	44°18′	135°30′	7.4	350	西伯利亚东南部
7	1932-11-13	43°48′	137°00′	7.0	320	日本海
8	1940-07-10	44°00′	131°00′	7.3	580	中国黑龙江
9	1946-01-11	44°00′	129°30′	7.2	580	中国黑龙江牡丹江南
10	1957-01-03	43°54′	130°36′	7.0	590	中国黑龙江东宁西南
11	1969-01-19	44°54′	143°12′	7.0	238	日本
12	1978-12-06	44°36′	146°42′	7.4	118	千岛群岛
13	1999-04-08	43°24′	130°18′	7.0	540	珲春

3 中国东北及邻区深源和浅源地震活动特征

中国东北及邻区的深源地震 ($h \geq 400$ km) 和浅源地震 ($h \leq 50$ km) 的活动区域是相互独立的, 见图6. 在深源地震活动区内无浅源地震. 浅源地震分布的优势方向为 $N45^\circ E$, 与中国大陆地区和深震相关的浅源地震的优势分布方向一致.

图7给出了中国东北深震区及其附近地区地震的 $M-t$ 图. 从图中可以看出, 浅源地震发生滞后于深源地震. 自1967年8月兴凯湖5.2级地震以来, 在该区域范围内已经有32年没有发生浅源地震了. 有史料记载以来, 该区域内浅源地震活动平静最长时间为11年. 因此1999年4月18日吉林珲春地区发生7.0级深震后, 应注意研究区域内浅源地震的再度活跃.

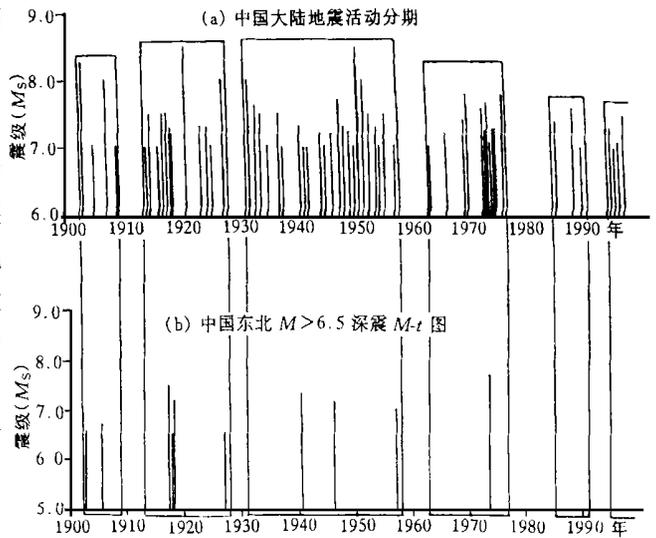


图4 中国东北深震区 $M \geq 6.5$ 深震活动与中国大陆地区地震活跃期

Fig. 4 The correlation between $M \geq 6.5$ deep earthquakes of northeastern China and seismicity peak period of Chinese continent.

表2 中国大陆地震活跃期与中国东北深震活动对照表

序号	中国大陆地震活跃期				中国东北深震活动	
	时间	持续时间/年	最大震级(M_S)	平均能量/焦耳	时间	震级(M_S)
1	1902~1908	7	8.2	29.9×10^{15}	1902-07-03	6.6
2	1913~1927	15	8.5	33.2×10^{15}	1917-07-31	7.5
					1918-02-10	6.5
					1918-04-10	7.2
					1927-05-18	6.5

续表 2

序号	中国大陆地震活跃期				中国东北深震活动	
	时间	持续时间/年	最大震级 (M_S)	平均能量/焦耳	时间	震级 (M_S)
3	1931~1957	27	8.6	30.2×10^{15}	1940-07-10	7.3
					1946-01-11	7.2
					1957-01-03	7.0
4	1963~1976	14	7.8	12.3×10^{15}	1973-09-29	7.3
5	1985~1990	6	7.6	7.7×10^{15}		
6	1994~	5?	7.5?	5.4×10^{15}	1999-04-08	7.0

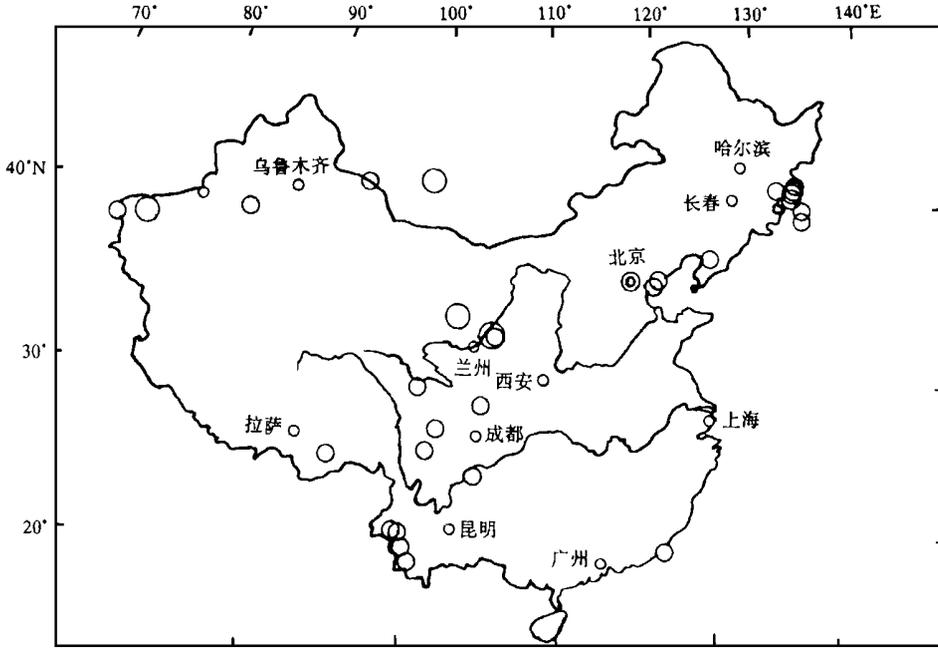


图 5 中国东北深震区 $M_S \geq 6.5$ 地震与中国大陆 $M_S \geq 7.0$ 地震空间分布

Fig. 5 Distribution of $M_S \geq 6.5$ deep earthquakes of northeastern China and $M_S \geq 7.0$ earthquakes of Chinese continent.

表 3 $M_S \geq 6.5$ 深震与深震发生后 3 年内中国大陆地区强震参数

序号	发震时间	震中位置		震级 (M_S)	震源深度 / km	时间间隔 / 月	发震地点
		北纬	东经				
1	1902-07-03	43°20'	129°36'	6.6	420	2	新疆阿图什附近 四川道孚西北 吉林图们西 吉林珲春东南
	1902-08-22	39°54'	76°12'	8.3			
	1904-08-30	31°00'	101°06'	7.0			
	1905-08-25	43°00'	129°00'	6.7			
2	1917-07-31	42°30'	131°00'	7.5	460	7	吉林图们 广东南澳 吉林珲春北
	1918-02-10	43°00'	130°00'	6.5	450		
	1918-02-13	23°36'	117°18'	7.3			
3	1918-04-10	43°30'	130°30'	7.2	570	33	宁夏海原 宁夏海原西
	1920-12-16	36°42'	104°54'	8.5			
	1920-12-25	36°36'	105°12'	7.0			
4	1927-05-18	44°00'	131°00'	6.5	430	0	黑龙江东宁附近 甘肃古浪
	1927-05-23	37°42'	102°12'	8.0			

续表 3

序号	发震时间	震中位置		震级 (M_S)	震源深度 / km	时间间隔 / 月	发震地点
		北纬	东经				
5	1940-07-10	44°00'	131°00'	7.3	580		黑龙江东宁
	1941-05-16	23°36'	99°24'	7.0		10	云南耿马附近
	1941-12-26	22°42'	99°54'	7.0			云南澜沧
6	1946-01-11	44°00'	129°30'	7.2	580		黑龙江宁安南
	1947-03-17	33°18'	99°30'	7.7		13	青海达日南
	1947-07-29	28°36'	93°36'	7.7			西藏朗县东南
	1948-05-25	29°30'	100°30'	7.3			四川理塘
	1949-02-24	42°00'	84°00'	7.2			新疆库车东北
	1957-01-03	43°54'	130°36'	7.0	593		黑龙江东宁西南
7	1957-12-04	45°30'	99°18'	8.1		11	蒙古
	1959-06-28	41°54'	80°00'	6.7			
	1960-11-09	32°42'	103°42'	6.7			
8	1973-09-29	41°54'	131°00'	7.7	595		吉林珲春东南海中
	1974-05-11	28°12'	104°06'	7.1		8	云南大关北
	1974-07-05	45°00'	93°42'	7.1			新疆巴里坤东北
	1974-08-11	39°12'	73°48'	7.3			新疆乌恰西南
	1975-02-04	40°36'	122°48'	7.3			辽宁海城
	1976-05-29	24°30'	99°00'	7.3			云南龙陵东
	1976-05-29	24°36'	98°42'	7.4			云南龙陵
	1976-07-28	39°24'	118°00'	7.8			唐山
	1976-07-28	39°42'	118°30'	7.1			河北滦县
	1976-08-16	32°36'	104°06'	7.2			四川松潘平武间
	1976-08-23	32°30'	104°18'	7.2			四川松潘平武间
9	1999-04-08	43°24'	130°18'	7.0	540		吉林珲春

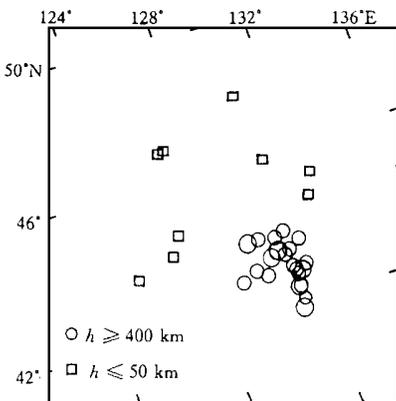


图6 中国东北深震区及其附近深源和浅源地震分布

Fig. 6 Distribution of deep focus earthquakes and shallow focus earthquakes of deep earthquake area and its neighborhood in northeastern China.

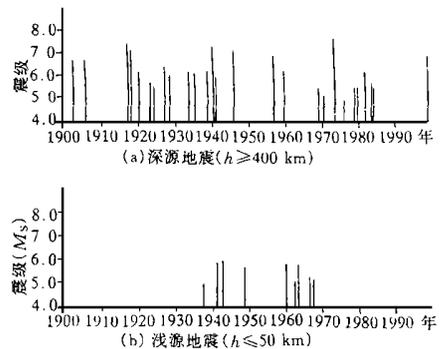


图7 中国东北深震区及其附近地震的 $M-t$ 图

Fig. 7 $M-t$ diagram of earthquakes of deep earthquake area and its neighborhood in northeastern China.

4 讨论与结论

一般认为, 中国大陆地区地震的力源主要来自太平洋板块和印度洋板块的俯冲、挤压^[2]. EW 向深震带的震源深度由东向西逐渐加深, 明显地反映了太平洋板块的俯冲、挤压作用. 由于 NS 向深震带位于太平洋板块和中国大陆边缘的接触部位, 太平洋板块的作用深度大致相同, 因此沿该带震源深度变化不大.

从图 1 中还可以看出, 2 条深震带在中国东北深震区相交. 在深震区地震密集, 距深震区越远地震越稀少. 这一现象也反映了太平洋板块的作用自东向西逐渐加强. 中国东北深震区则是应力集中区.

事实表明, 太平洋板块的俯冲作用是中国东北发生深震的主要原因. 虽然发生了深震, 但是由于太平洋板块的作用并没有停止, 而是自东向西对大陆板块产生挤压作用, 因此深震发生后中国大陆一些地区相继发生了浅源地震.

综上所述, 可以得出如下结论:

(1) 中国东北深震区是中国大陆地区唯一有深震群活动的地区. 该地区的深震活动与中国大陆的浅源地震活动有一定的相关性.

(2) 当深震区有强震活动时, 中国大陆地区地震活动水平较高, 反之则较低.

(3) 深震发生后 3 年以内, 中国大陆地区沿 40°N 和南北地震带可能发生强震. 据此可对中国大陆的地震活动趋势做出某种程度的预测.

深震与中国大陆浅源地震的相关机理尚需在今后进一步分析研究.

[参考文献]

- [1] 郭增建, 秦保燕, 李革平. 未来灾害学[M]. 北京: 地震出版社, 1992. 438 ~ 439.
 [2] 赵文峰. 东北深源和浅源地震同步活动的地球动力学机制[J]. 西北地震学报, 1989, 11(1): 41 ~ 47.

A PRELIMINARY STUDY ON THE CORRELATION BETWEEN SEISMICITY OF DEEP SEISMIC AREA IN NORTHEASTERN CHINA AND SEISMICITY OF CHINESE CONTINENT

LIU Wei-he¹, WANG Zhen-ya¹, XU Qin²

(1. Lanzhou Institute of Seismology, Lanzhou 730000, China;

2. Seismological Office of Xining City, Xining 810001, China)

Abstract: Based on the historical seismicity data, correlation between seismic activity of deep seismic area in northeastern China and that of Chinese continent is analyzed and studied. The result shows that seismic activity in seismicity peak period of Chinese continent is related to $M_S \geq 6.5$ deep focus earthquakes. During three years after deep focus earthquake occurred, seismicity of Chinese continent obviously strengthened and strong earthquakes may occur along 40°N and north-south seismic zone.

Key words: Deep focus earthquake; Seismic activity; Seismic correlation activity; Northeast China deep seismic zone