

# 东北深源和浅源地震同步活 动的地球动力机制

赵文峰

(辽宁省地震局)

## 摘 要

本文研究了东北大陆地区深源及浅源地震同步活动特征及构造特征,认为造成深浅源地震同步活动的地球动力是西北太平洋岩石圈板块的作用。西北太平洋岩石圈板块消亡于珲春地区上地幔内590km深处,导致了深源地震活动,同时又直接影响着内陆郯庐断裂带、松辽盆地边缘断裂带及其附近的浅源地震活动。

## 一、前 言

据历史记载及仪器记录,东北内陆共发生7级以上地震3次,6级以上地震8次,5级以上地震20余次。自本世纪有仪器记录以来,在东北部的珲春、牡丹江、穆稜、东宁等地区已发生7 $\frac{1}{2}$ 级深震6次,震源深度470—589km,6级深震10次,这是我国内陆唯一的深源地震活动群。

值得研究的是,深源地震和浅源地震呈同步活动,且具有大体相同的主压应力轴向。本文分析了两类地震活动的相关性,并对其发生的地球动力机制进行了研究。

## 二、地震的时空分布及相关活动

### 1. 浅源中强地震活动带

东北内陆的中强地震大多沿着NE向郯庐断裂带及松辽盆地周边断裂带附近发生(图1)。上述断裂带是深部重力梯度变异带,同时也位于区域航磁总强度 $\Delta T_A$ 梯度变化带附近[1]。

#### (1) 郯庐断裂北延带

郯庐断裂从渤海、辽东湾向北东(N30°E方向)延伸进入东北大陆的下辽河盆地,沿营山、金县、熊岳、海城、沈阳、铁岭到开原,长约500km,这一段为华北地震区东北部的中强地震活动段;断裂继续向北东方向延伸,经过吉林的伊通、舒兰,直到黑龙江的依兰、萝北地区,全长1200km。我们将这二段统称郯庐断裂北延带(图1)。沿着断裂及其附近发生了1922年9月辽东湾6 $\frac{1}{2}$ 级地震、1861年金县6级及5 $\frac{1}{2}$ 级地震、营口1885年5级地震、熊岳

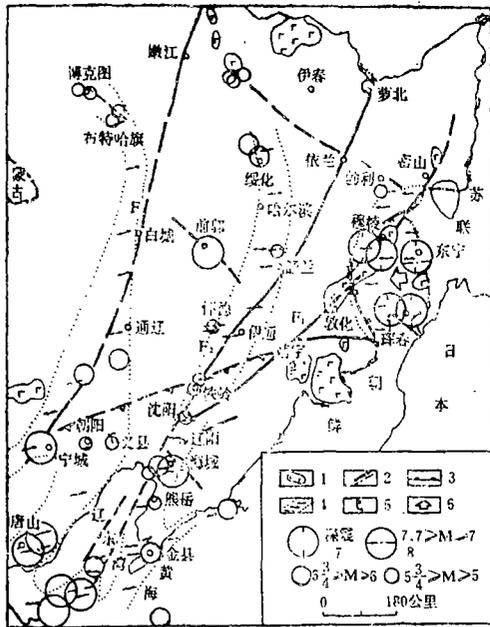


图1 东北大陆地震构造图

1.玄武岩 2.断裂 3.古消亡带 4.深部构造变异带, 双箭头示深部物质上拱活动 5.深源地震活动范围 6.区域构造压应力方向 F<sub>1</sub>.密山、敦化断裂 F<sub>2</sub>.依兰、伊通断裂(梨庐断裂) F<sub>3</sub>.嫩江、老哈河断裂

Fig.1 Seismotectonic map of inland and its adjacent area of northeast China

1940年5.4级地震、1975年海城7.3级及6级地震、1765年沈阳5.4级地震、1775年铁岭5.8级地震、1596年开原5.8级地震、1960年榆树5.8级地震和1963年萝北5.8级地震, 目前弱震沿该带频繁发生。

(2) 松辽盆地周边地震活动带

松辽盆地呈菱形, 其西部与大兴安岭古生界断块褶断带以NE向嫩江深断裂带相隔, 东部以NE向长春大断裂与张广才岭古生界断块褶断带分界, 北界以诺谟尔河NWW向断裂与小兴安岭古生界断块褶断带相隔, 南部以EW向赤峰—开原深断裂与华北古陆块分界。盆地基底为元古界片岩, 晚中生代陆屑堆积厚约5000米, 晚第三、第四纪期间陆屑堆积厚度约200米。沿盆地周边发生了公元1119年前郭旗6号—7级地震<sup>1)</sup>、1940—1942年通辽、奈曼旗两次地震、1941—1942年绥化两次6级地震、1923—1981年布特哈旗、喜桂图旗4.8—5.6级

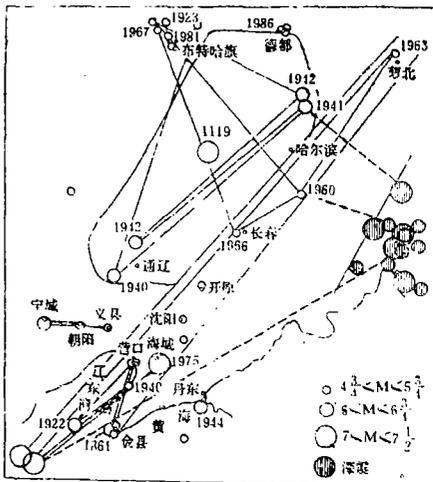


图2 东北内陆深浅源地震分布图

Fig.2 Distributions of deep focus earthquakes and shallow focus earthquakes in northeast of China

1) 唐雅芝, 1119年吉林前郭地震震级确定, 东北地震研究, No.1, 1981.

地震群、1986年德都—龙镇间 5—5.5级震群和1966年范家屯5.2级地震等。地震围绕着菱形盆地由SW向NE、由NW向SE方向呈对称的跳迁式活动(图2), 显示出盆地与四周断块隆起间发生了统一协调的相对运动, 空间上形成盆地边缘对称式地震活动带。

## 2. 牡丹江、琿春深震群

自1905年以来, 在琿春、东宁、穆稜、牡丹江、图们、延吉地区, 即北纬 $42.6^{\circ}$ — $44.91^{\circ}$ , 东经 $129^{\circ}$ — $131^{\circ}$ 范围内已经发生7—7 $\frac{1}{2}$ 级深震6次, 其中有琿春1918年4月7 $\frac{1}{2}$ 级深震(深度570km)、1940年7月穆稜7 $\frac{1}{2}$ 级深震(深度560km)、牡丹江1946年7 $\frac{1}{2}$ 级深震(深度580km)、1957年东宁7级深震(深度590km)、1973年9月琿春7.7级深震(深度589km)以及1917年7月东宁7 $\frac{1}{2}$ 级深震(深度460km)等。6—6 $\frac{3}{4}$ 级深震分别发生在东宁、琿春、延吉、安图、图们等地(2)(2)(图2)。在空间上震中分布于高原橄榄玄武岩浆喷发口、沿裂隙喷发的玄武熔岩台地内和沿牡丹江、琿春河、图们江河谷分布的玄武熔岩、火山锥、火山丘附近。这些深震的震源深度在东部东宁一带为470km, 向西逐渐加深, 到牡丹江、穆稜已加深到590km, 求得震源面倾角 $\alpha$ 约为 $27^{\circ}$ 。

1940年穆稜7 $\frac{1}{2}$ 级深震及1957年东宁7级深震的震源机制解(表1)表明, 它们与浅源地震相似, 具有双节面和一致的P、T轴向, 这表明深震也是刚性岩块受到强烈的挤压应力作用后发生断层活动的结果。进而可以认为, 震源倾伏面的存在实际上表明了一个巨大岩块体以 $27^{\circ}$ 的倾角由E向W向地幔下俯冲, 俯冲岩块的挤压应力和上地幔内的反向阻力相互作用, 在岩块内部发生了冲断层活动, 从而发生深源地震。

## 3. 深源及浅源地震活动的相关性

对本世纪以来的地震资料进行分析, 可以看出东北内陆地区的深震活动与浅源地震活动明显相关, 基本上呈同步活动(表1、图2)。

从表1和图2中可以看出:

(1) 1917—1928年在东宁、琿春相继发生6—7.4级深震(震源深度为430—570km), 接着在郯庐断裂带北延段在萝北、辽东湾分别发生了4.8和6 $\frac{1}{2}$ 级浅源地震, 在松辽地震带西北的布特哈旗发生5—5 $\frac{1}{2}$ 级地震, 这是本世纪初期东北内陆的一次地震活动幕。

(2) 1940—1946年在穆稜、牡丹江先后发生7 $\frac{1}{2}$ 级深震活动(震源深度为560—590km), 震源断层主压应力轴向为NNW向。同期沿郯庐断裂带北延段在熊岳及鸭绿江口先后发生5 $\frac{3}{4}$ 及6 $\frac{3}{4}$ 级中强地震, 沿松辽盆地周边在通辽、绥化也重复发生6级地震活动, 这是本世纪东北内陆较强的一次地震活跃幕。

(3) 1957—1960年东宁、琿春发生6 $\frac{1}{2}$ —7级深震(震源深度500—590km), 同期沿郯庐断裂带北延段在榆树、萝北和兴凯先后发生5.1—5.8级中强地震活动。

(4) 1973年9月琿春再次发生7.6级深震(震源深度589km), 1975年在辽南海城发生7.3级及6级强震, 1981年在松辽盆地西北端的布特哈旗、博克图连续发生两次5.6级地震, 1986年3月在德都距五大连池火山口仅30km的龙镇南发生了5.4级、5.5级地震群活动, 这是本世纪以来东北内陆地区地震活动的最高峰。

综上所述, 东北地区的几次地震活动幕均是在深震区发生深震为先导, 尔后沿郯庐断裂带北延段及其附近发生中强地震, 相继松辽盆地周边也随之发生中强地震。上述现象说明

2) 国家地震局情报资料室, 全球大地震目录, 1985。

表 1 东北内陆深源及浅源地震相关活动表

地点	时间	M	h(km)	A	B	P	T	地点	时间	M	h(km)	A	B	P	T
东宁	1917.7.31	7.4	460					萝北	1919.6.8	4.3					
琿春	1918.4.10	7 $\frac{1}{4}$	570					伊春	1919.2.14	4.8					
								辽东湾	1922.9.2	6 $\frac{1}{2}$					
								布特哈旗	1923.10.15	5					
东宁	1928.6.7	6	430					布特哈旗	1931.6.30	5 $\frac{1}{2}$					
德县	1940.7.10	7 $\frac{1}{4}$	560	93/S<L80	30/NW<20	344/33	203/51	熊岳	1940.8.5	5 $\frac{3}{4}$					
								绥化	1941.5.5	6					
								通辽	1942.5.9	6					
								绥化	1942.9.2	6					
								鸭绿江口	1944.12.19	6 $\frac{3}{4}$					
牡丹江	1946.1.11	7 $\frac{1}{4}$	580					勃利	1948.12.23	5.8					
东宁	1957.1.8	7	590	34/124<15	19/289<75	112/31	186/59	榆树	1960.4.13	5 $\frac{3}{4}$	8	55/NW<82	139/SW<49	285/34	180/21
琿春	1959.10.29	6 $\frac{1}{4}$	500					兴凯	1962.8.15	5.1					
								萝北	1963.6.21	5.5	21	24/SE<80	109/NE<77	65/16	325/2
								海城	1975.2.4	7.3	12	23/SE<75	390/NE<81	66/18	157/4
								博克图	1981.4.26	5.6	25	313/NE<80		89/9	
东宁	1983.10.9	5.7	540					德都	1986.3.1	5.4	15	7/NE<88	96/NE<86	42/5	322/2



久野久进一步把日本海沟—岛弧—亚州大陆宽约1000km的范围内所喷发的第四纪玄武岩进行分带发现。海沟处喷发的为拉斑玄武岩，岛弧为高钙玄武岩，亚州内陆则为碱性玄武岩〔6〕，且岩浆源的深度也大体与中深源地震的震源相近。

对在深震区分布的橄榄玄武岩的高温和高压模拟试验证明，随着温度和压力的增加，岩石内碱质(K、Na)开始富集， $SiO_2$ 等组份减少。从震中投影与玄武岩浆共生现象分析，岩浆应来源于上地幔内深震源附近。进而可以推断，深震区大规模喷出的部份碱性橄榄玄武岩浆应来源于深震源面的上部附近(图3)，即来源于深度为470—500km的上地幔内。部份深成岩浆的形成过程是，西北太平洋岩石圈板块从日本海沟开始向地壳下俯冲，俯冲距离达1000km，局部块体到达东北珲春、东宁地区上地幔内，消减板块的表面受到上地幔物质的阻挡，由于强烈摩擦而发生局部熔融现象。同时由于上地幔物质的阻挡及消减板块自身的俯冲的相互作用，又使板块发生向上抬拱运动，推动了局部熔融物质发生熔离和向上运动并聚集。当熔融物质压力超过围压后，就会沿断裂裂隙喷发到地表。

消减板块受本身的挤压和上地幔内岩体的阻挡在局部地段发生断层活动，即发生深源地震，在震源附近出现两者“同源”活动现象。

上述事实说明，深震的发生与西太平洋板块的俯冲作用有关，这与文献〔7—10〕的研究结果一致。

巨大的岩石圈板块消亡于东北内陆深震区的珲春—牡丹江这一局部范围内，随着岩块的强烈推挤，导致了舒兰地堑盆地内部和松辽盆地西北边界附近的德都—五大连池、布特哈旗地区的同期玄武岩浆喷溢(图3)。据对舒兰——伊通小孤山玄武岩浆( $\beta Q_1$ )中所含尖晶石、二辉石包体的分析，其形成的温度为 $1001^{\circ}$ — $1049^{\circ}C$ ，压力为2.38—14.74kbar，深度为50—80km<sup>3</sup>)，即邻庐断裂带喷发的玄武岩浆携带出的上地幔软流层物质的埋深比深震区浅。同期在五大连池老黑山火山口喷溢的橄榄玄武岩也携带了上地幔软流层碎片包体。上述软流层埋深从东向西逐渐变浅的现象可能反映了板块的俯冲挤压使其西部上地幔物质上拱，随之引起软流层物质也相应抬升(图3)。

综上所述，深源和浅源地震的地球动力过程应是：西北太平洋板块向珲春—牡丹江地区上地幔内500km深处俯冲，并消减于这一带。板块的俯冲受到地幔内岩体的阻挡，在岩块内产生冲断层而发生深源地震。同时板块的俯冲导致了东北内陆受到东西向区域性水平挤压应力作用，使邻庐断裂和松辽盆地周边断裂带发生右旋走滑活动。由于上地幔物质上拱运动，使断裂附近叠加了正向应力，也可使断裂局部地段复活或发生新的右旋正断层和倾滑正断层活动。因此发生了从辽东湾向北东到萝北地区沿邻庐断裂北延段的地震活动和沿松辽菱形盆地周边的地震活动。

(本文1987年12月21日收到)

### 参 考 文 献

- 〔1〕卢造勋，东北地区的深部构造与地震，长春地质学院学报，No. 1，1983。
- 〔2〕顾功叙，中国地震目录，地震出版社，1983。
- 〔3〕刘国栋，京津唐渤和周围地区地壳上地幔电性结构，地球物理学报，Vol. 27，No. 2，1982。
- 〔4〕邵学坤，京津唐地区地壳上地幔立体构造，地震地质，Vol. 3，No. 1，1982。

3) 国家地震局地质所三室，1983。

- [5] Mogi, K., 西北太平洋深浅源地震活动的相关性, 国外地质, No. 9, 1974.  
[6] 上田诚也, 岛弧, 地质出版社, 1979.  
[7] 吴佳翼, 日本海西北部及邻近地区深源地震的研究, 东北地震研究, No. 2, 1985.  
[8] 孙文斌, 日本海区板块俯冲与华北地震, 地震学报, Vol. 6, No. 1, 1985.  
[9] 张立敏, 西太平洋板块俯冲运动与中国东北深震带, 地球物理学报, Vol. 27, No. 4, 1983.  
[10] 赵文峰, 珲春深震火山共生与内陆地震线, 海洋地质与第四纪地质, No. 1, 1985.

## MECHANISM OF EARTH DYNAMICS OF SYNCHRONOUS ACTIVITY FOR DEEP FOCUS AND SHALLOW FOCUS EARTHQUAKES IN NORTHEAST CHINA

Zhao Wenfeng

(*Seismological Bureau of Liaoning Province*)

### Abstract

In this paper, the synchronous activity natures and the tectonic characteristics of the deep focus and shallow focus earthquakes in the continent of northeast China have been studied. It is considered that the action of the Northwest Pacific Plate is the dynamics of synchronous activity of deep focus and shallow focus earthquakes. The Northwest Pacific Lithosphere Plate underthrusts in the upper mantle of Huichun area with the depth of 590km. It results in the activities of deep earthquakes. Meanwhile, it affects the shallow earthquake activities in Tanlu Rift Zone and the fault zone in the margin of Songliao Basin and its adjacent area directly.