

中国大陆 $M_s \geq 8.0$ 级大震活动 特征的初步探讨

马桂芳 孙加林

(内蒙古包头市地震局) (内蒙古自治区地震局)

摘 要

本文从宏观上研究了中国大陆 $M_s \geq 8.0$ 级大震的空间分布特征及其相关因素,并据此提出了未来大震活动的危险地带和发震时段。

关键词 大震活动 发震时段

一、引 言

我国是陆壳大震经常发生的国家,据统计,自公元1300年以来,大陆共发生 $M_s \geq 8.0$ 级大震15次。其空间分布,华北亚板块内相对集中,而西部相对分散。八级大震的震中烈度均达十度以上,破坏能力极大,是人类的巨大灾难。1976年河北唐山大震,震中烈度高达十一度,伤亡及经济损失惨重,应视为八级大震进行研究为宜。

研究表明,不同强度层次的地震,其孕震特征具有明显的差异性。八级大震做为一个统一的系统,有着其自身的整体性活动特征。利用大时、空尺度,在天、地、生广泛领域内,探索与大震孕育过程的相关因素,进而划定未来大震的主要活动场所,对指导长期监测、预报,将是一项具有应用和理论价值的重要系统工程。

二、整体性活动特征

八级地震的孕育和发生,有着其内在的密切联系。

1、成线性

统观中国大陆强震的空间分布,发现 $M_s \geq 8.0$ 级大震的震中皆呈串珠状线性排列,每串至少有三个大震组成,称之为大震线。若干条大震线相互穿插,构成了中国大陆八级地震系统的活动格架,每个大震都比较严格的控制在格架的节点上(图1)。

大震线一般长达数千公里,跨越几个断块(block)和若干条深大断裂,纵横穿插于整个中国大陆,除阿图什—玛纳斯—富蕴大震线外,其它非线性均小于2%,具有较好的线性度(见表1)。

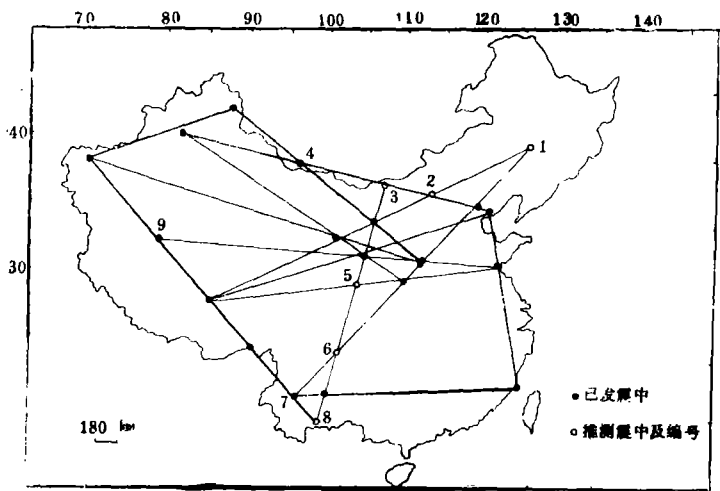


图1 中国大陆 $M_s \geq 8.0$ 级大震系统活动格架

表1

号	$M_s \geq 8.0$ 级地震线	长度 (km)	方 向	非 线 性 (%)
1	阿图什—玛纳斯—富蕴	1360	N64°E	6.8
2	当雄—古浪—平罗	3000	N67°E	1.3
3	扬林—海源—平罗	2000	N25°E	0.2
4	华县—洪洞—平谷	2960	N56°E	0.3
5	泉州—临沂—唐山	1640	N4°W	0.1
6	阿图什—当雄—察隅	3080	N62°W	1.5
7	玛纳斯—古浪—华县	2280	N71°W	1.0
8	富蕴—平罗—临汾	2140	N68°W	0.9
9	玛纳斯—平谷—唐山	2700	N85°W	0.4
10	临沂—临汾—海源	2920	N88°W	0.7
11	阿图什—古浪—洪洞	3040	NW	0.9
12	当雄—海源—唐山	2560	NE	0.3

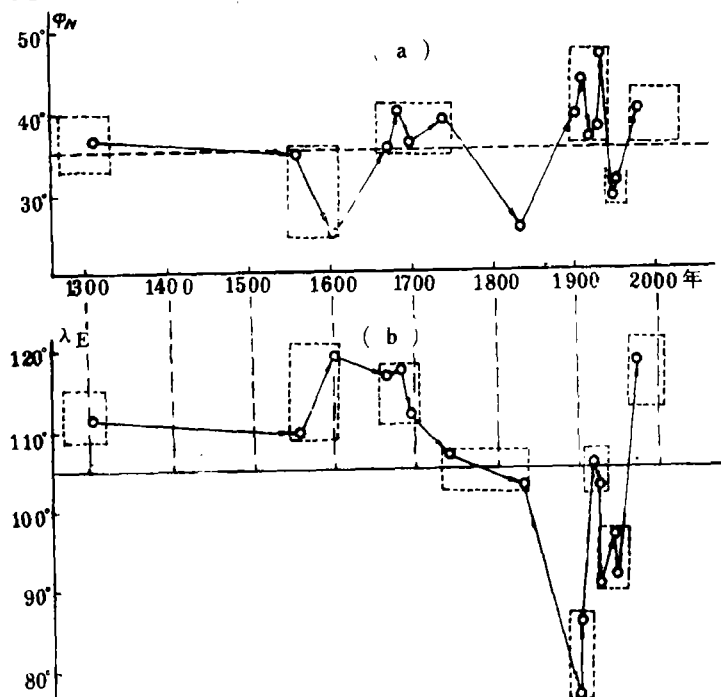
注：非线性—震中偏离地震线的距离与地震线长度之比的百分数，要求小于2%时，线性为佳。

这种线性分布图象，从地表构造运动的机理难以解释，处于同一地震线上的大震，可能有着内在的联系，受着更深层位规模宏大的构造体系所控制。

2、成组性

我国大震的孕育并非是孤立进行的，而是在确定的时段内，在特定的空间区域，同时存在着几个孕震区。不论是随时间沿纬度展布，还是沿经度展布，都具有明显的整体成组分布特征（见图2）。

此外，大震分布还具有时、空区域统一性特征。如1668至1695年，在短短的27年

图2 $M_s=8.0$ 级大震空间分布成组性

间, 在华北约16万 km^2 的区域内, 连续发生了临沂8.5、平谷8.0和临汾8.0级三个大震; 1920至1927年, 仅7年时间, 在南北地震带北段发生了海源8.5、古浪8.0级大震, 相距只280km; 1902至1931年, 仅29年之内, 在新疆就依次发生了阿图什、玛纳斯、富蕴三个八级大震; 1950至1951年只一年之隔, 在西藏发生了察隅、当雄两个八级大震, 震中相距500km (见图3)。

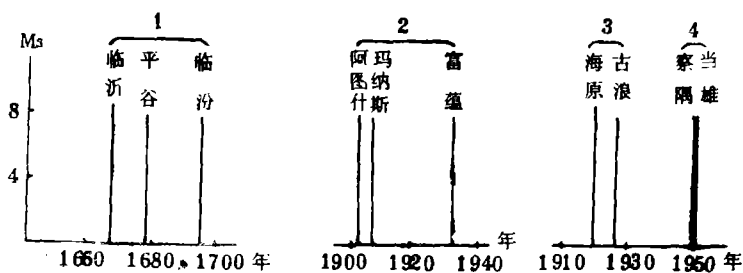


图3 地震成组分布M-T图

3、迁移性

在图2中, 若分别以 $\phi_N 35^\circ$ 和 $\lambda_E 105^\circ$ 线为界, 将中国大陆分成南、北和东、西区域, 从整体分析, $M_s \geq 8.0$ 级大震存在着明显的成组区域性迁移特征。其南、北呈交替迁移, 北部活动水平明显高于南部。而东、西交替活动周期较长, 往往呈几组连续活动后迁移。1303至1739年, 在400多年时间内, 大震一直在东部活动, 共发生七个大震, 百年发震频次为1.6。1833年后迁至西部, 一直活动到1951年, 仅118年就发生七次大

震,百年发震频次为5.9,其活动水平远高于东部。1976年唐山大震的发生,可能预示着东部地区大震新活动期的开始。此外,各区域的大震迁移方向也不相同,东部以逆时针方向迁移,而西部则相反(见图4)。

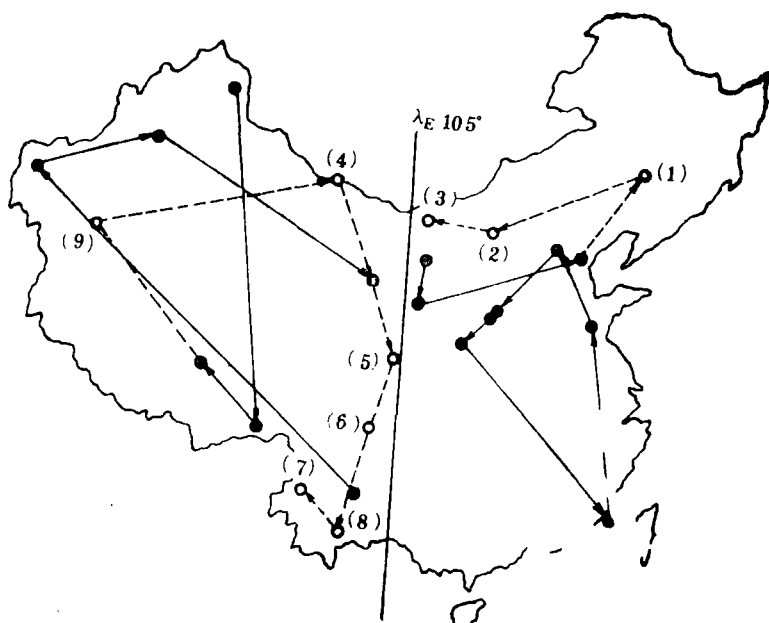


图4 东部、西部大震的迁移方向

三、时、空分布图象

$M_s \geq 8.0$ 级大震孕育的时、空尺度很大,其时间域演化具有非均匀性特征。震前100年左右, $M_s \geq 5.0$ 级地震活动呈现平静—密集的有序分布状态(见表2)。

每个大震在近百年的孕育过程中, $M_s \geq 5.0$ 级地震一般在震中外围的特定区域内活动,呈现大面积的空区域丛集区(见图5)。所有空区,经用二维震源系统的重正化群公式进行检验。

$$\frac{E}{E_0} = -\ln(1-P) \quad (1)$$

式中 E —孕震空区的积累能量

E_0 —空区的参考能量(从空区蠕变曲线的非线性点到计算时的总能量)

当震源体破裂概率的临界值 $P^* = 0.1707$ 时, $\frac{E}{E_0}$ 均大于0.1872(理论推算当 $\frac{E}{E_0} >$

0.1872时为危险空区)。这说明图5中(1—6)的大震前的空区皆为孕震空区。

现以公式

$$M_s = 3.031 \lg L - 0.08 (\pm 0.44) \quad (2)$$

$$M_s = 1.471 \lg A + 0.65 (\pm 0.45) \quad (3)$$

(式中 L —空区的长期。 A —丛集区面积)

进行计算,其结果见表3。

计算震级与实发震级最大误差为0.4,符合精度要求。

表2

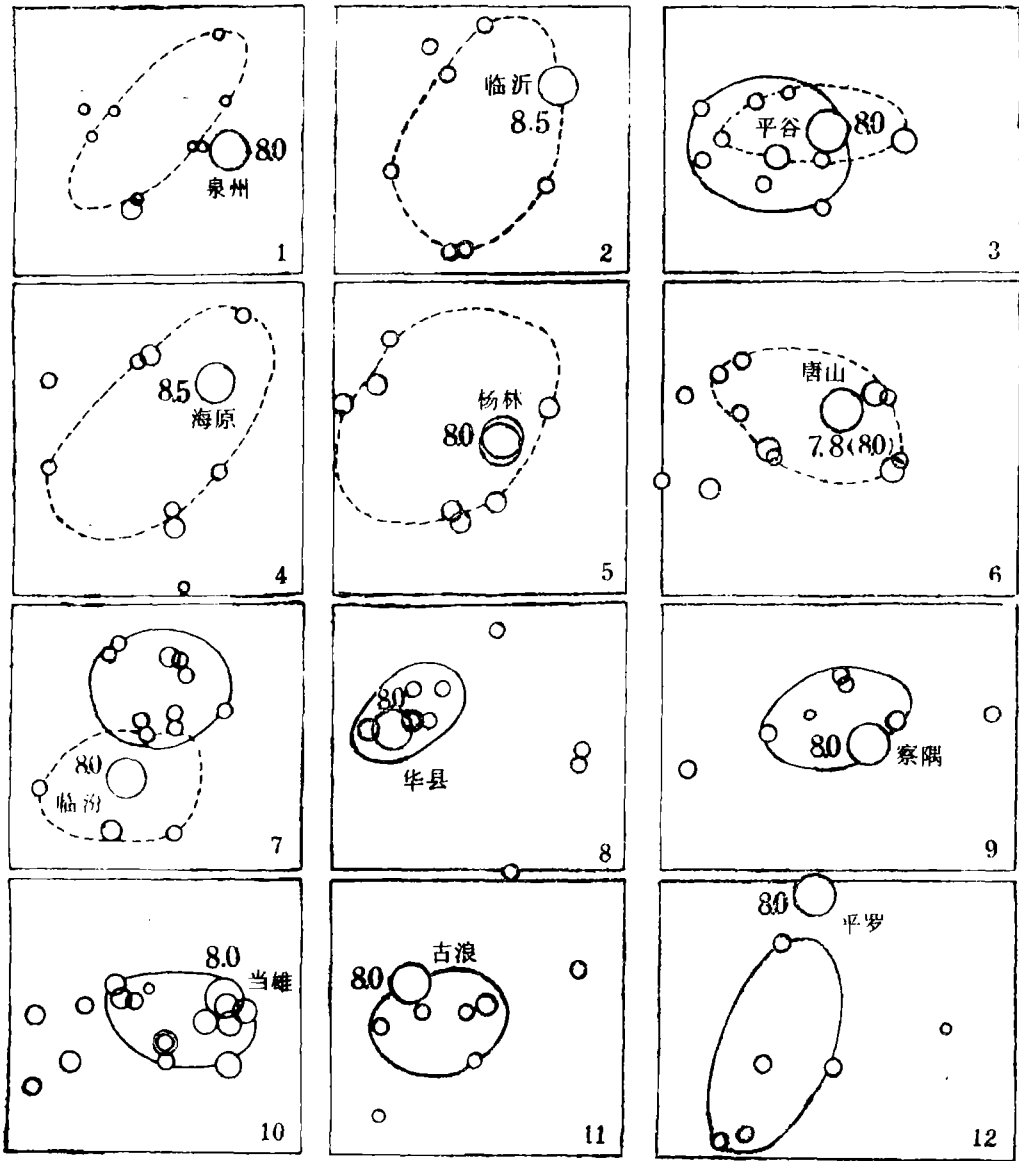
序号	发震时间 (年.月.日)	宏观震中	震级 (M_s)	统计面积 (km^2)	震前 $M_s \geq 5.0$ 级地震活动状态	
					平静期 (年)	活跃期 (年)
1	1558.1.23	陕西华县	8.0	1848150	16	34
2	1604.12.23	福建泉州	8.0	1848150	20	48
3	1668.7.25	山东临沂	8.5	2365632	15	54
4	1679.9.2	河北平谷	8.0			
5	1695.5.18	山西临汾	8.0			
6	1739.1.3	宁夏平罗	8.0	1724940	22	62
7	1833.9.6	云南杨林	8.0	1232100	18	52
8	1902.8.22	新疆阿图什	8.0	1971360	29	60
9	1906.12.23	新疆玛纳斯	8.0			
10	1931.3.11	新疆富蕴	8.0			
11	1920.12.16	宁夏海源	8.5	2217780	7	41
12	1927.5.23	甘肃古浪	8.0			
13	1950.8.15	西藏察隅	8.0	1848150	15	35
14	1951.11.18	西藏当雄	8.0			
15	1976.7.28	河北唐山	(7.8)	1577088	11	67

四、相关因素

若将天、地、生视为密切关联的巨大系统,发生在地壳中的八级大震与太阳活动、大气层异变和地壳板块运动等,确实存在着内在联系。

1. 太阳活动

观测与理论研究表明,太阳活动的强弱对大地磁场有明显的作用,在低层大气过程中也有一定影响,太阳黑子数的变化,是太阳活动的一种很重要的指标,其活动周期大体为11年。若将太阳黑子活动数高峰值大于110定为活跃期,小于该值为弱值期,现以



1-6 围空, 7-12 丛集, 3、7 围空丛集皆备

图5 震前 $M_s \geq 5.0$ 级地震的空间分布

表3

序号	发震时间 (年、月、日)	震中	M _s ≥5.0级地震空间分布 图象	(km)	$\widehat{M_L}$	(万km ²)	$\widehat{M_A}$	$\overline{M_S}$	实发震级 M _S	$\frac{\Delta M_S}{M_S}$
1	1604.12.29	泉州	空区	577	8.3			8.3	8.0	-0.3
2	1668.7.25	临沂	空区	614	8.4			8.4	8.5	0.1
3	1679.9.2	平谷	空区、丛集	444	7.9	15.3	8.3	8.1	8.0	-0.1
4	1920.12.16	海源	空区	710	8.6			8.6	8.5	-0.1
5	1833.9.6	杨林	空区	437	7.9			7.9	8.0	0.1
6	1976.7.28	唐山	空区	474	8.0			8.0	7.8	-0.2
7	1695.5.15	临汾	空区、丛集	348	7.6	13.7	8.2	7.9	8.0	0.1
8	1556.1.23	华县	丛集			6.6	7.7	7.7	8.0	0.3
9	1950.8.15	察隅	丛集			11.0	8.1	8.1	8.0	-0.1
10	1951.11.18	当雄	丛集			12.0	8.1	8.1	8.0	-0.1
11	1927.5.23	古浪	丛集			8.6	7.9	7.9	8.0	0.1
12	1739.1.3	平罗	丛集			18.5	8.4	8.4	8.0	-0.4

1610年以来的太阳黑子活动资料分析，发现中国大陆八级大震一般都发生在太阳黑子活动的弱值期内，统计可达86%（见图6）。

2.大地干旱

在大震的孕育过程中，在强大应力场的作用下，震源体内微裂隙发生扩展（或产生新裂隙），深部炽热的上地幔物质，便沿着裂隙通道上涌至地表，在震中区周围大范围内形成热区，致使空气中的水汽含量降低，影响降雨过程，造成大面积干旱。若以公式

$$I_0 = \frac{2(n_4 - n_5)}{N} \tag{4}$$

（式中 I₀为干旱指数。
n₄为四级干旱的站数。
n₅为五级干旱的站数。
N为总站数。）

来定量计算其干旱程度，I₀值愈大，则干旱的面积愈大（见图7）。

若将 I₀>0.65定为异常，其东部的每次大震发生之前，确实存在大面积干旱异常过程。本世纪以来，东部又出现干早期，已发生了两次大震，目前的干旱异常可能是未来大震的一种宏观前兆。

3.板块运动

中国大陆地处印度、菲律宾、太平洋三大板块之间，是典型的板内构造变形区域。马杏垣等根据活动的深大断裂、地堑、裂谷带、地球物理场变异带和强震活动带的分布，将中国及邻区划分成8个亚板块、18个块体。新生代以来，大陆板内构造活动十分强烈，由于印度板块的强大冲击，亚板块在演化过程中非均匀差异性，在断块边界产生的巨大水平应力，在传递过程中发生方向变化，在断块之间形成挤压、扭转、拉张、平

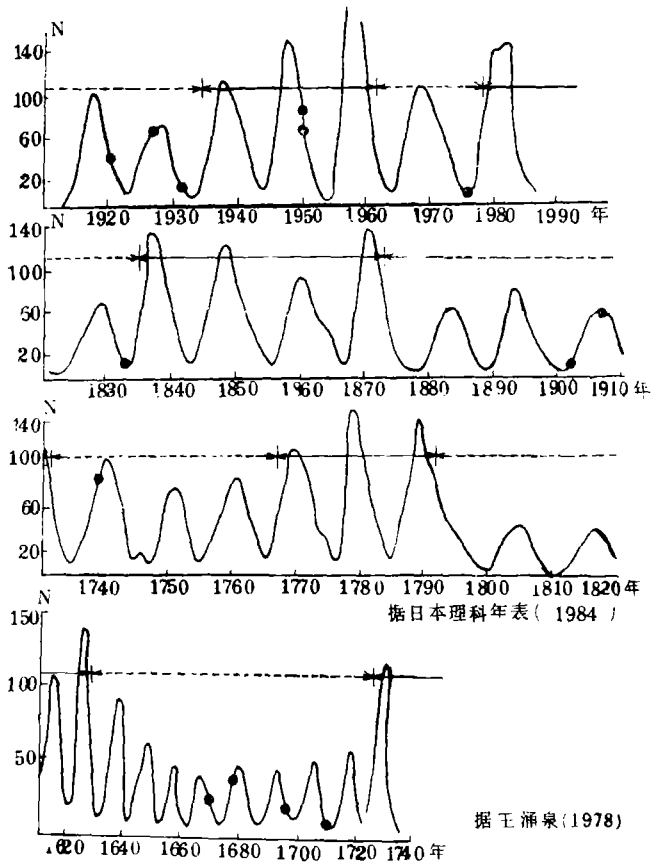


图6 $M_s > 8.0$ 级地震与太阳黑子活动的相关性

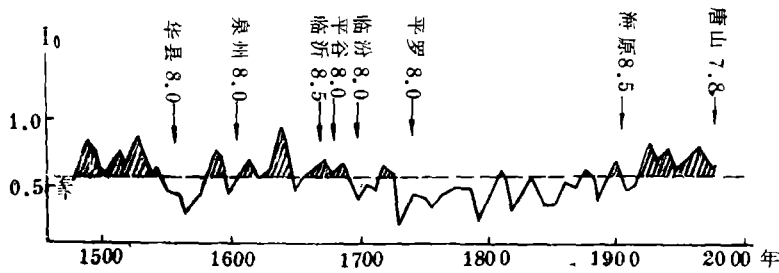


图7 中国大陆东部干旱指数与大震的相关性

移或其综合等多种运动状态。在特定部位便产生强大的剪切应力,这可能是所有大震均发生在断块边界地区的力学原因(见图8)。因此认为,大震的发生是断块激烈运动的产物。

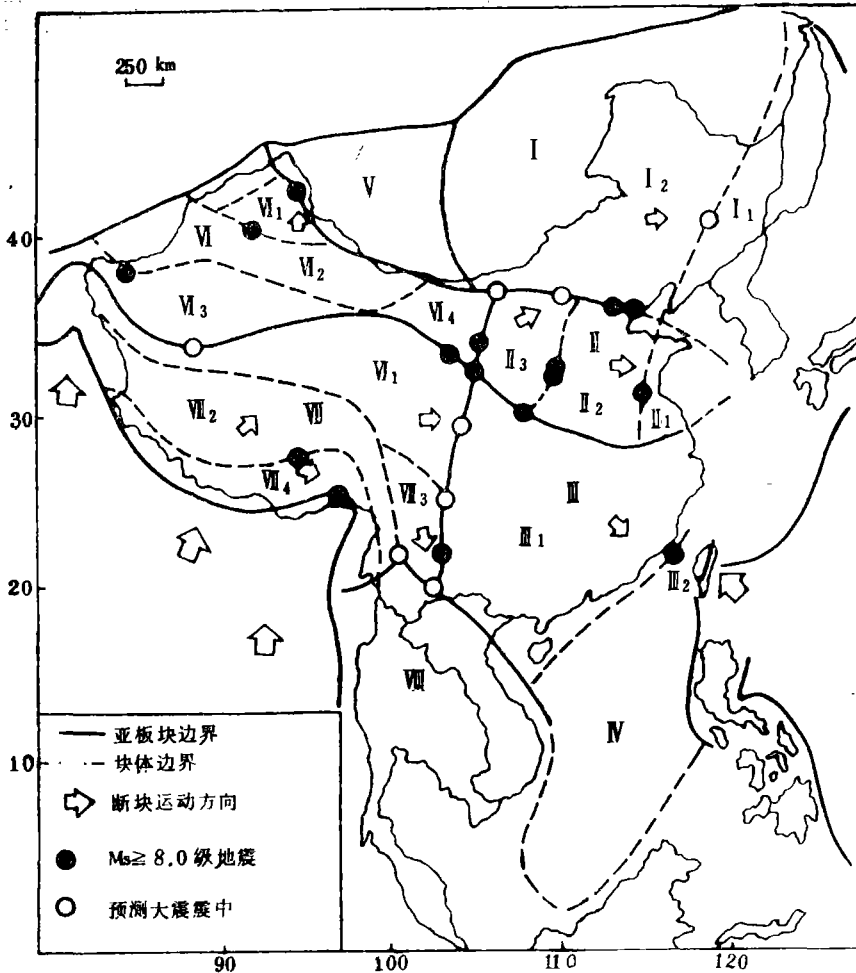


图8 中国大陆亚板块(块体)划分及大震分布

- I. 黑龙江亚板块。I₁. 长白块体。I₂ 松辽—兴安块体
 II. 华北亚板块。II₁ 胶东—苏北—南黄海块体。II₂ 河淮块体。II₃ 鄂尔多斯块体。
 III. 南华亚板块。III₁ 华南—东海块体。II₂ 台湾块体
 IV. 南海亚板块
 V. 蒙古亚板块
 VI. 新疆亚板块。VI₁ 准噶尔块体。VI₂ 天山块体。VI₃ 塔里木块体。VI₄ 阿拉善块体
 F 费尔干纳块体。
 VII. 青藏亚板块。VII₁ 甘青块体。VII₂ 西藏块体。VII₃ 川滇块体。VII₄ 喜马拉雅块体
 P. 帕米尔块体。T. 塔吉克块体。
 VIII. 东南亚亚板块。

此外，我国及邻区八级大震还与东北 绥芬 河至 延吉 一带 $M_s \geq 6.0$ 级深震 ($H \geq 400$ km) 有着较好的呼应关系 (见表3)。这就进而说明，八级大震的发生确实与更深部层位的构造运动有关。

表3

序 号	东 北 深 震				中国及邻区 $M_s > 8.0$ 级地震			呼应时间
	发震时间 (年、月、日)	震 中 (省)	震级 (M_s)	震原深度 H (km)	发震时间 (年、月、日)	震 中	震级 (M_s)	Δt (年)
1	1905.8.25	吉林	$6\frac{4}{3}$	470	1906.12.23	中 国 玛纳斯	8.0	1
2	1918.2.10	吉林	6.5	450	1920.12.16	中 国 海 源	8.5	2
3	1918.4.10	吉林	7.5	570	1923.9.1	日 本	8.2	5
					1923.2.3	(苏) 勘察加	8.3	5
4	1927.5.18	黑龙江	6.5	430	1927.5.23	中 国 古 浪	8.0	5(天)
5	1928.6.7	黑龙江	6.0	430	1931.8.11	中 国 富 蕴	8.0	3
6	1933.7.15	吉林	$6\frac{1}{4}$	550	1934.1.15	尼 泊 尔	8.3	1
7	1938.10.21	黑龙江	$6\frac{1}{4}$	550				
8	1940.7.10	黑龙江	$7\frac{1}{4}$	560	1944.12.7	日 本	8.0	4
					1915.11.27	巴 基 斯 坦	8.0	5
					1946.12.20	日 本	8.2	11(月)
9	1946.1.11	黑龙江	$7\frac{1}{4}$	580	1950.8.15	中国西藏	8.0	4
					1951.11.18	西 藏	8.0	5
					1952.3.4	日 本	8.3	6
10	1957.1.3	黑龙江	7.0	590	1952.11.4	(苏) 勘察加	8.2	6
					1957.12.4	蒙 古	8.0	11(月)
11	1959.10.29	吉林	$6\frac{1}{4}$	500	1968.5.16	日 本	8.1	9

五、大震预测

根据中国大陆 $M_s \geq 8.0$ 级大震的活动格架和断块的运动状态，结合近代中 强以上地震活动进行分析研究。认为东北的通辽的库仑一带，晋、冀、蒙交界地区，内蒙西部的狼山、吉兰太地区，云南的个旧、元江地区；永善、大关地区；云龙、下关地区，甘肃的武都、礼县地区等，可能是未来几百年内，发生 $M_s \geq 8.0$ 级大震的主要场所。这些地区处于大震活动的格架的节点上，断块交界带附近，大都为巨型活动断裂的交汇、转折

部位,近代地震比较活跃地区,具有发生八级大震的构造背景条件。又是人口密集、经济比较发达地区,做好大震的长期监测和预报,将具有重大的战略意义。

根据大震活动的成组性分布和迁移特征,推测大陆东部(尤其华北板块),将成为未来数百年内八级大震活动时的主要场所。但由于目前正处于太阳黑子活动的高值期,又是东部干旱的异常时段,东北 $M_s \geq 6.0$ 级深震尚未发生,故认为近期内上述地区发生八级大震的可能性很小。

六、结 论

中国大陆 $M_s \geq 8.0$ 级大震做为一个统一的系统研究表明,大震的发生具有区域整体性,有序迁移和成组活动之特点。在近百年的孕震进程中,五级以上地震活动呈现时、空分布的非均匀性,在围绕震中特定区域内,其时域显示平静—密集,空间呈围空或丛集异常图象。

当太阳黑子活动进入弱值期,大地干旱指数异常结束之后20年内,在东北绥芬河至延吉一带又发生深震之后,应切实强化上述八级大震危险区域的监测、预报工作,根据大震活动特征及各种地球物理场的变化,研究探索大震发生前天、地、生广泛领域内的前兆异常,为捕捉短、临信息,做好临震预报,将具有重要的作用。

由于八级大震的发生是小概率事件,历史大震遗留的具有科学价值的震兆资料很少,故对大震孕育规律的认识尚十分肤浅。随着对大震研究的不断深入,人们对孕震机理及其震兆认识的不断深化,对未来大震的监测、预报,必将取得突破性进展。

(1989年3月4日收到初稿)

参 考 文 献

- [1] 马杏垣等,中国的活动块体运动与构造变形,现代地壳运动研究(3),地震出版社,1987.
- [2] 丁国瑜,中国内陆活动断裂基本特征的探讨,中国活动断裂,地震出版社,1982.
- [3] 马宗晋,地震与断裂关系的讨论,中国活动断裂,地震出版社,1982.
- [4] 高祥林,大陆岩石圈内的应力传递与板内地震,现代地壳运动研究(3),地震出版社,1987.
- [5] 解思梅等,太阳活动与异常地球物理现象,灾害学,1986年(创刊号).
- [6] 耿庆国,中国旱震关系研究,海洋出版社,1985.
- [7] 陈玉琼,干旱及其影响,灾害学,1986.
- [8] 国家地震局,中国地震简图,地震出版社,1977.

PRELIMINARY STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF THE ACTIVITY OF $M_s \geq 8.0$ EARTHQUAKES IN THE CONTINENT OF CHINA

Ma Guifang

(Seismological Bureau of Baotou City)

Sun Jialin

(Seismological Bureau of Inner Mongolia)

Abstact

In this paper, the spatial distribution characteristic of $M_s \geq 8.0$ earthquake in the continent of China and its correlative factors are investigated macroscopically. Basing on this, the risk regions and time segments of occurrence of great earthquakes in the future are presented.