

地震的对称迁移 及其预测方法与结果

何正檀

(上海市地震局)

摘 要

本文所称的对称迁移是指在一定空间范围内或一定的地质构造背景上,地震按一定的对称图式依次作规则的迁移。对称迁移不同于沿带迁移,是由相互联系的四次地震配套而成为一独立的迁移组合,它们分别发生于与X断裂网络四个结点相当的位置上。互为配套的四次地震满足于以下三条件:1)在空间上呈现为对称的(或近于对称)四边形图象;2)各震的震级相近,震级差不大于0.5级;3)每组内四次地震的发震时间具有一定的规律性,一般表现为 $T_4 - T_3 \leq T_2 - T_1$ 或 $T_4 - T_3 \leq (T_2 - T_1) + 10$ 。按照各震迁移的顺序和路线,将其划分为对角型、弯折型和圈闭型三类。

在我国,除古代少数几个地震以外,绝大多数地震都可配套成组。据此,通过目前尚未完全配套的“前三震”及其发震地点、震级和时间三方面所特有的“对称性”,就可预测“后一震”的“三要素”。

一、引言

地震震中的迁移现象是地震活动性的主要特征之一〔1-8〕。长期以来,人们多强调沿地震带的震中迁移。七十年代中期,我国地震工作者注意到地震在空间上呈平行四边形的面状迁移〔4〕,並用来预测发震地点。郭增建等〔5〕也曾指出地震围绕巨大构造块体边缘发生呼应迁移的事实和重要性。本文所指的对称迁移可看作是上述面状迁移观点的引申。根据我们的研究,应用地震面状迁移的“对称性”,有可能同时对发震地点、震级和发震时间作出预测。

二、资料选择

本文所采用的我国境内的资料主要来源于《中国地震简目》(1977)。邻国或边境附近

的地震取自古登堡、李希特(1954)和ISC的资料。其中有少数地震是根据新近的资料加以补充和校正的。

为了尽可能完善地反映客观现象,进而探索地震活动的规律性,对于西部地区,主要应用1900年以来的资料;东部地区,尤其华北,主要选取1600年以来的资料,1600年以前的资料,虽也利用,但可靠性较差。

鉴于我国东、西两部地区地震活动强度不同,西部取 $\geq 6\frac{3}{4}$ 级的地震、东部取 ≥ 6 级的地震作为统计的对象。

台湾地震带为巨大的环太平洋活动带的一部分,其地震活动性特征与大陆地区有显著差别,暂未加以统计。

考虑到我国所发生的破坏性地震主要系浅源地震,因而用于统计的地震震源深度,一般选取 < 70 公里,最深则以120公里为限,更深者就不予统计。

三、地震的对称迁移

对称迁移是指在一定空间范围内,地震按一定的对称图式依次作规则的迁移。

1. 配套地震的条件 实际资料表明,对称迁移的地震,在空间上发生于对称四边形的四个顶角(相当于X型断裂网络的结点),並作为一组独立的迁移配套而出现。简言之,每一对称迁移组系由相互联系的四次地震联合构成,彼此呼应,互为配套。它们要满足于以下三条件:1.每一组的四次配套地震,在空间上的联线清晰地构成一个对称(或近于对称)性的几何图象,如平行四边形,梯形,菱形……等;2.各配套地震震级相近,在一般情况下,震级差不超过 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$ (个别历史地震,稍许大些);3.配套地震的总时间均在一百年以内,其前后

两对地震时间间隔之时差多数控制在10年以内(详见后)。在一次地震序列中,列入配套者一概取其主震^[1];若为震级相同的震群,则取其中之一作为代表。而且,每一次地震原则上只能参加一个组的配套。

2. 对称迁移类型 按配套地震在空间上依次发震的顺序和路线所呈现的图式,可分三种类型(图1):

(1) 对角型 配套的1—2地震的迁移线与3—4地震的迁移线不相联,而呈相交接触。若将该四处的震中用虚线相联,便得一个四边形,两条迁移线相当于它的对角线。

(2) 弯折型 配套的1、2、3、4四次地震的迁移线彼此呈“Z”形连续衔

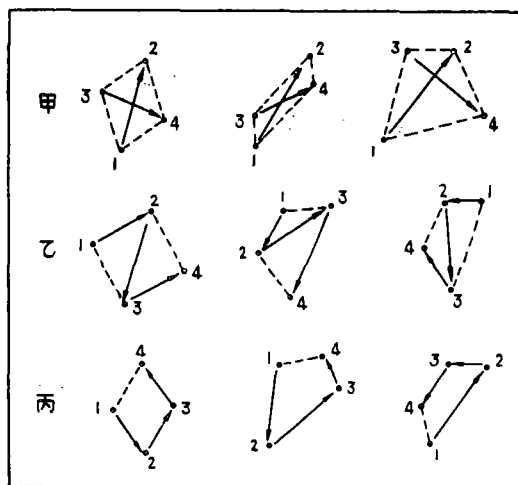


图1 对称迁移基本图式

甲、对角型,乙、弯折型,丙、圆闭型。

1, 2, 3, 4代表配套地震的发震顺序。

1) 近年来发现,两组对称迁移组合的第四震(即“最后一震”)一起落实于同一地点,其中震级较低一组的第四震可以是震级较高一组第四震(主震)的强余震。

接。1—2, 3—4 迁移线相互平行或近于平行, 而 2—3 迁移线与 1—2, 3—4 迁移线呈斜交或直角接触。

对称迁移类型实例及其配套地震

表 1

编 号	配 套 地 震												对 称 迁 移 类 型
	1			2			3			4			
	地 点	时 间	震 级	地 点	时 间	震 级	地 点	时 间	震 级	地 点	时 间	震 级	
1	印 度 阿 萨 姆	1897	8.7	阿 图 什	1902	8.3	蒙 古 49°N 98°E	1905	8.3	海 原	1920	8 1/2	圈 闭
2	克 什 米 尔	1905	8	玛 纳 斯	1906	8	当 雄	1951	8	蒙 古 45 1/2°N 99 1/4°E	1957	8.1	弯 折
3	塔 吉 克	1907	8	緬 甸 21°N 97°E	1912	8	古 浪	1927	8	富 蕴	1931	8	圈 闭
4	緬 甸 23°5'N 96°0'E	1946	7.8	西 藏 朗 县	1947	7 3/4	通 海	1970	7.7	炉 霍	1973	7.9	弯 折
5	昌 马	1932	7 1/2	迭 溪	1933	7 1/2	玛多西北	1937	7 1/4	康 定	1955	7 1/2	弯 折
6	泾 沅	1920	7	山 丹	1954	7 1/4	蒙 古 43°N 104°4'E	1960	7.1	蒙 古 44°8'N 94°2'E	1974	7.1	弯 折
7	理 塘	1948	7 1/4	民 勤 东	1954	7	玛多西北	1963	7	松 潘 东	1976	7.2	对 角
8	緬 甸 27°N 97°E	1906	7	拉 萨 东	1915	7	炉 霍	1923	7 1/2	大 理	1925	7	圈 闭
9	西 藏 奇 林 湖 南	1934	7	尼 泊 尔 28°5'N 83°5'E	1936	7	西 藏 巴 克 哈 鲁 东	1973	7.3	扎 达	1975	6 3/4	弯 折
10	和 政	1936	6 3/4	松 潘	1960	6 3/4	北 霍 布 逊 湖 北	1962	6.8	炉 霍 西 北	1967	6.8	弯 折
11	新 疆 叶 城 西	1910	6 3/4	和 静 西	1927	6 3/4	若 羌 西 南	1933	6 3/4	温 宿 北	1959	6 3/4	对 角
12	应 县	1022	6 1/2	定 襄	1038	7 1/4	固 安	1057	6 3/4	河 间	1068	6	弯 折
13	怀 仁	1305	6 1/2	涉 县	1314	6	怀 来	1337	6 1/2	徐 沟	1368	6	对 角
14	居 庸 关	1484	6 3/4	濮 城	1502	6 1/2	渤 海	1568	6	广 灵	1581	6	对 角
15	通 县 南	1536	6	蓬 莱	1548	6	巢 县	1585	6	修 武	1587	6	圈 闭
16	蔚 县	1618	6	涞 水	1658	6	通 县	1665	6 1/2	原 平	1683	7	对 角
17	介 林	1618	6 1/2	扬 州	1624 (2月)	6—7	滦 县	1624 (4月)	6 1/4	灵 丘	1626	7	圈 闭
18	天 水	1654	7 1/2	三 河	1679	8	临 汾	1695	8	银 川 平 罗	1739	8	对 角
19	鄂 城	1622	6	常 德	1631	6 1/2	平 陆	1642	6	霍 山	1652	6	对 角
20	许 昌	1820	6	临 朐 益 都	1829	6	金 县	1861	6	深 县	1882	6	圈 闭
21	宁 晋 东 西	1966	7.2	渤 海	1969	7.4	海 城	1975	7.3	唐 山	1976	7.8	圈 闭
22	霍 山	1917	6 1/4	渤 海	1922	6 1/2	盐 城 东 (海 中)	1927	6 1/2	青 岛 东 (海 中)	1932	6 1/4	弯 折
23	滦 县	1945	6 1/4	威 海 (海 中)	1948	6	河 间	1967	6.3	和 林 格 尔	1976	6.3	圈 闭
24	温州东 (海 中)	1919	6	南 澳 (?)	1921 (8月)	6 1/4	盐 城 东 (海 中)	1921 (12月)	6 1/4	麻 城	1932	6	弯 折

(3) 圈闭型 配套的 1、2、3、4 四次地震的迁移线彼此作圈闭性的衔接, 其中 1—2、2—3、3—4 迁移线和 4—1 连线, 可以双双相互平行或近于平行, 也可以不平行。

3. 若干认识 将我国境内已知的地震, 按上述条件进行配套, 其结果由表 1 给出, 并分别表示于图 2—图 6。从中可以看出:

(1) 对称迁移有一相对稳定的活动空间, 显示有一定的区域性特征。我国东、西两部明显地以著名的南北地震带为界, 自成系统。西部大体又以昆仑山—阿尔金山—龙首山为界, 再分西南、西北两大区, 各自控制较低震级地震的迁移。东部地区基本上以长江为界, 分南、北两大区, 不过长江附近的地震, 可以向北组合, 也可以向南配套。值得注意的是, 每组配套地震, 在上述迁移区内并不完全重复出现, 具有临时匹配特点。

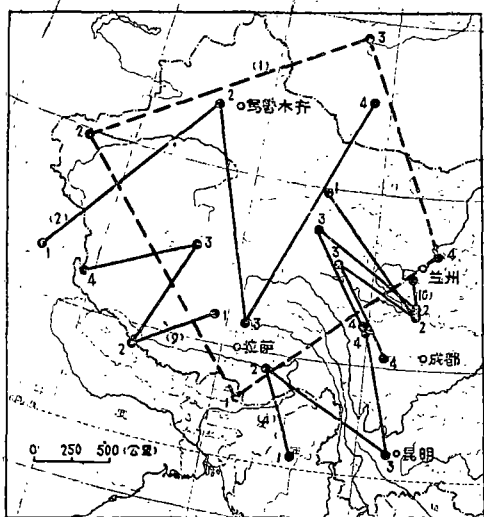


图2 我国西部地区对称迁移实例之一
• 配套地震顺序(4)编号

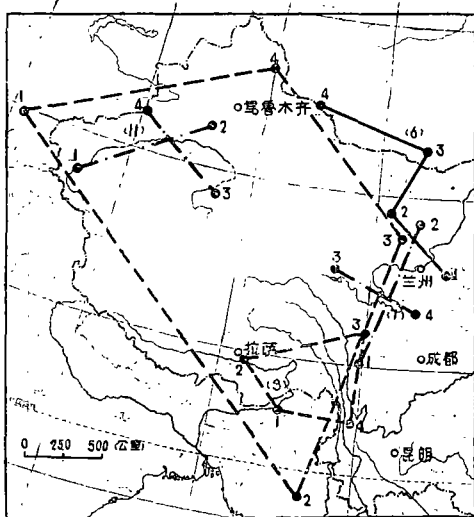


图3 我国西部地区对称迁移实例之二

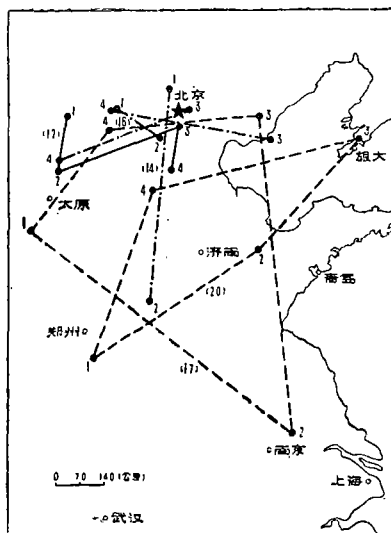


图4 我国东部地区对称迁移实例之一
(图例同前)

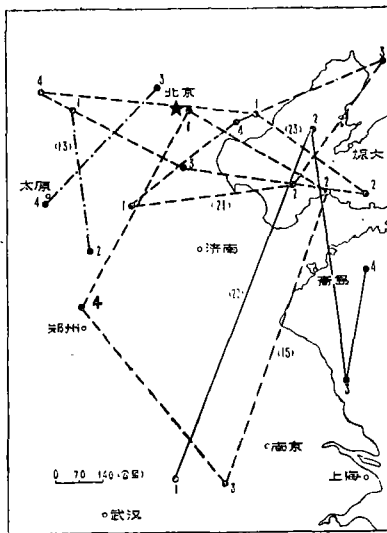


图5 我国东部地区对称迁移实例之二

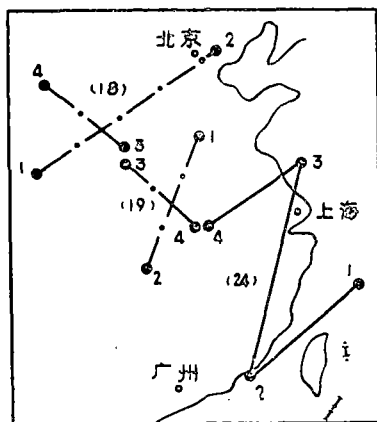


图6 我国东部地区对称迁移实例之三

(2) 每组配套地震所占据的面积大小,与震级有一定关系。这在我国西部地区表现较为明显。 $M_s \geq 8$ 的地震组合,占据面积可达五百万平方公里; $6\frac{3}{4}$ —7级地震,约为前者 $1/6$ — $1/5$ 。而东部地区这种关系却不甚明显。

(3) 在已知的对称组合中,发震时间一般表现于 $T_4 - T_3 \leq T_2 - T_1$ 或 $T_4 - T_3 \leq (T_2 - T_1) + 10$,只有少数表现于 $T_4 - T_3 > (T_2 - T_1) + 10$ 。

式中 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 分别代表每组各配套地震的发震日期(年代)。

(4) 需要提到,1600—1899年间,我国东部地区未列入配套的地震还有12次。它们是:1614年山西平遥6级地震;1600年广东南澳7 $\frac{1}{4}$ 级地震;1605年广东琼山文昌间7 $\frac{1}{4}$ 级地震;1604年福建泉州海外8级地震;1668年山东临沂8 $\frac{1}{2}$ 级地震;1720年河北沙城6 $\frac{3}{4}$ 级地震;1730年北京西6 $\frac{1}{2}$ 级地震;1830年河北磁县7 $\frac{1}{2}$ 级地震;1888年渤海湾7 $\frac{1}{2}$ 级地震;1806年江西会昌6级地震;1815年山西平陆6 $\frac{3}{4}$ 级地震;1831年安徽凤台6 $\frac{1}{4}$ 级地震。

以上各组的其余配套地震,有可能虽已发生,但未被记载或被错记,另外也有可能出于目前尚未明瞭的某种原因,造成应力场突变,以至迁移中止。不过,总的来看,这种机遇并不多,又只限于古代。近代的绝大多数强震都已分别参加配套,所以不会影响现今的预测。

4. 对称迁移机制的初步分析

(1) X型断裂具有全球性的地理分布〔6—7〕。在我国,张文佑等早就明确指出〔8〕:中国大地构造的基本特征表现于不同规模的X型断裂广泛分布,并控制着相应的大小不等的菱形断块。近年来,丁国瑜等则进一步强调现代我国地壳内正在发育着规则性极强的断裂网络,网络的结点往往为强震源(震中)所在〔9〕。

(2) 作用于中国陆块上的构造力是多源的。印度洋板块向北碰撞,太平洋板块向西消减,其“威力”非常强大。种种迹象表明,目前我们还不能排斥地球角速度变化所引起的的影响以及地幔对流或热流可强化壳下应力的推测。其中既有水平力,也有垂直力。

(3) 在中国陆块上所显示的构造应力场是复杂的,不同的局部应力场各自控制着大小不一琴键式断块的活动及其强度。在一定条件下,应力可围绕断块四周的断裂集中起来。

我们认为,每个对称迁移组合所围限的四边体,尽管其方向各异,规模不一,都代表深处某一特定局部应力场中的受力单元。在相对稳定的力的作用下,单元内贮存起能量,并使之不断积累。由于四边体的顶角(即相当于X型断裂网络的结点),应力最易集中,具有大致相似的积累过程,也就往往优先发震,释放能量。如果有关条件(介质条件、边界条件、受力条件等)是理想的,那末在局部应力场中,其四个顶角应同时或成对发生破裂,以达到能量释放的平衡。然而,由于受力单元内的岩层或岩体所代表的介质不可能完全均匀,边界条件也较复杂,加上受力状况的差异和空间上不同局部应力场的叠加等因素的干扰,以至某一特定受力单元的能量释放往往总是在时间上有所先后,强度上有所差异。这就是目前我们对对称迁移现象的一种解释。

四、预测方法与结果

每一对称迁移组合的四次(处)地震是互为配套的,而且不同的类型其迁移图式和路径又各自有别,从预测的意义上讲,它主要是按“前三震”来预测“后一震”。不言而喻,各组配套的正确与否,是预测成败的关键。

在肯定“前三震”的基础上,“后一震”的震级是容易确定的,即“前三震”的震级范围就是“后一震”所预测的震级。

“后一震”的发震地点,取决于“前三震”的相对位置和迁移类型。从三种类型着眼,“后一震”的地点一般可有三处,而实际上只能落实于其中某一处。通常这需综合对比这三处各种地质—地震因素,诸如发震构造背景,地震活动史及其周期性或复发性,震级与相应配套空间范围的关系,“后一震”迁移路线与沿途不同地震带相会的次序等,从而判断最有可能的发震地点。最近,我们已从理论上获得证明,真正的“后一震”发震点,其所求得的应力强度因子在这三处中总是相对最大的。但是,应用此法的首要条件是“前三震”需有足够的震源位错等资料(详见另文)。

“后一震”的发震时间,现在还只能作粗略的估算。可用 $T_4 \leq [T_3 + (T_2 - T_1)]$,或 $T_4 \leq [T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$ 由此可判断 T_4 (“后一震”)发震时间的指标。“后一震”的发震时间很可能是在 $[T_3 + (T_2 - T_1)]$ 年之前或 $[T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$ 年之前。凡过了后一项年限仍未发震者(即 $T_4 > [T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$),那其日后发震日期就难以推算了。

预测的地震与实际结果

表2

配套地震 (“前三震”)									预测地震 (“后一震”)			实际结果		
1			2			3			地 点	震 级	时 间	地 点	震 级	时 间
地 点	时间	震级	地 点	时间	震级	地 点	时间	震级						
马 边	1936	6.3	冕宁—石龙	1952	6.3	永仁(东北)	1955	6.3	永胜—洱源	6.3	1981年前	永胜盐源间	6.8	1976年
海州湾东	1910	6.3	荷 泽	1957	7	丹东(南)	1944	6.3	唐山—宝坻	6.3	1981年前	宁 河	6.9	1976年
缅甸 25°6'E 96°8'N	1931	7.6	日 达	1947	7.4	龙陵	1976	7.6	炉霍一带	7.1 7.3	1992年前	道 孚	6.9或 7.2	1981年
松 潘	1960	6.3	北碚布逊湖	1962	6.8	甘孜	1967	6.8	治多—库塞湖	6.3	1979~1989 年前	乌兰乌拉湖	6.9	1981年

• 我局余山台测震组叶家鑫等同志根据全国台站记录算得该震震级为7.2(M_s)

在进行系统地配套之后,便可对我国本世纪以来目前已有“前三震”的各组提出“后一震”三要素的预测¹⁾。再根据“后一震”的分布,对全国地震形势作出相应的分析与估计。

徐道一、郭履灿、潘建雄、沈宗丕等同志曾先后对本文提出过修改意见或给予热情支持,借此谨致深切的谢意。

(本文1981年11月24日收到)

1) 何正植, 1976, 地震的对迁移称与预测

参 考 文 献

- [1] 郭增建、秦保燕，甘肃省的震中迁移现象，科学通报，3期，1966.
- [2] Prochazkova. D., Migration of Earthquake Foci in Europe. Pure and Applied Geophysics, 110 (1973) 2005—2011
- [3] Mogi. K., Migration of Seismic activity. Bull of the Earthquake Res. Insk Tokuo.univ.) 46 (1968), 53—74.
- [4] 国家海洋局地震预报组等，利用地震资料和天文周期分析的方法开展中期地震预报，地质科学，2期，1974.
- [5] 郭增建、秦保燕，震中迁移现象，地震战线6期，1977.
- [6] 李四光，地质力学方法，科学出版社，227—246，1979.
- [7] Moody, J. D., Crustal Snear Patterns and Orogenesis. Tectonophysics, 3 (1966), 479—522.
- [8] 中国科学院地质研究所，中国大地构造纲要，科学出版社，1959.
- [9] 丁国瑜、李永善，我国地震活动与地壳现代破裂网络，地质学报，1期，1979.

SYMMETRICAL MIGRATION OF EARTHQUAKE AND THE METHOD OF ITS PREDICTION AND RESULTS

He Zhengtan

(Shanghai Seismological Bureau)

Abstract

In this Paper, the term "symmetrical migration" represents the regular successive migration of earthquakes according to a definite symmetrical figure in a definite space domain or on a definite geotectonic background.

The obtained information indicates that the symmetrical migration differs from the migration along a seismic zone. It is an independent migration set composed of four interrelated earthquakes occurred at four nodes of a X-fracture network. The set formed by the four shocks mutually coordinated must satisfy the following three conditions: (1) The four shocks must form a symmetrical or nearly symmetrical quadrangular figure in space. (2) Their magnitudes are nearly the same, the difference does not exceed 0.5. (3) The occurrence time of the four shocks in each set have certain regularity. In general, it can be expressed as $T_4 - T_3 \leq T_2 - T_1$, or $T_4 - T_3 \leq (T_2 - T_1) + 10$.

According to the migration sequence and route, it may be classified into three types: The opposite angles type, the sharp bend type and the closed loop type.

For the most part of earthquakes occurred in China can be coordinated into sets, using the "former three shocks" which do not form a set at present, the "three elements" (time, epicenter and magnitude) of the later one can be predicted.

Further, in the light of distribution of "the later shock" that can be predicted at present, we can make a correspondent analysis and form appropriate estimation of the trend of the earthquake on a nation-wide scale.