

对全球大地震预测的验证与分析

何正檀

(上海市地震局)

提 要 1980 年,笔者应用地震对称迁移图象预测了全球大地震,其中包括 12 项主要预测意见和 5 项补充预测意见。近十年间,大多数预测意见已获得令人满意的效果。这说明作为一种新方法,对称迁移图象可能对地震长期预测的实践具有重要意义。

关键词 地震迁移 地震预报 预报效能评估

1980 年笔者曾在《应用地震的对称迁移性预测全球大地震发生的初步尝试》一文^[1]中(见附录)提出 12 项主要预测意见和 5 项补充预测意见。迄今十年间,除一项外其余各项都经历了实际检验,它们分别在发震地点、发震时间、震级大小以及震源深度诸要素方面获得不同程度的对应,可喜的是总的预测效果(对应率)相当令人满意。本文拟对这次预测的验证结果作一报导与分析。有关对称迁移的预测途径和理论(力学)依据等已在文献^{[1],[2]}叙及,限于篇幅不再赘述,仅将预测方法略加介绍。

1 预测方法与验证指标的设定

1.1 预测方法与验证指标的设定

笔者是应用地震对外称迁移性(图象)对全球大地震作一次预测的^[1]。根据这种独特的地震迁移形式能同时预测出未来的发震地点、发震时间、震级以及震源深度。各项所预测的发震时段远近不等,一般均在 20 年以内(即公元 2000 年以前),属长期预测范畴。

具体每一预测项发震时间(段) T_1 ,常由以下两式作出估计,即 $T_1 \leq [T_3 + (T_2 - T_1)]$ 或 $T_1 \leq [T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$,其中 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 分别代表构成对称迁移的 4 次配套地震的发震年代(以公元计)。

发震地点的确定,有两种基本方法。按照对称迁移 3 种不同的迁移类型及其对称图象,一般情况下,每一预测项可给出 1 至 3 处可能的发震点,进而需结合迁移路径上的地震构造环境以及地震活动性等,经综合分析才能最终判定,这在一定程度上有赖于判定者的预测经验与水平,此法简称为“经验判断”。另外,我们应用断裂力学在理论上已获证明^[2],利

本文收稿日期:1992 年 3 月 6 日

1) 该文曾在 1980 年兰州“地震大形势分析研讨会”上宣读

用“前三震”震源的有关参数，求取“后一震”最大强度因子的方位同样也可确定未来震源或震中所在地，此法简称为“数值判断”。1980年预测全球大震时，笔者是采用“经验判断”加以确定的。

所预测的震级或震级档，与“前三震”震级有关。后者在进行地震配套时已作较严格的选取。因此，预测的震级或震级档颇明确。然而，限于目前的测震水平与精度，仍难免有1/2级左右的误差。

对全球大震进行配套时，曾注意到将浅、中、深震加以区分，并分别配套。这样处理后，所预测的地震在一定程度上能体现出震源深度这项要素的参与。

1.2 验证指标的设定

显而易见，最终人们普遍关心的是所预测的地震与以后实际发生的震例是否符合或对应。为此，需采用一套较严格、又便于“操作”的验证指标以供衡量。鉴于现阶段地震预报的水平，设定如下：

1.2.1 单项验证指标：（主要指发震地点、时间和震级三要素）

发震地点：对全球发震点的预测往往不是个“点”，多数是具有一定范围的“地域”。“地域”的大小不一，常与相应的对称图象的规模有关。即使如此，预测的“地域”与实际震中的差距一般以小于400 km为良好（以“地域”外缘起标），400—600 km为较好，大于600 km则定为差，即视为超过了允许误差。

震级：凡震级差在1/2级以内者为良好，在1/2—1级间为较好，超过1级者测定为差。

发震时间：凡在 $T_1 \leq [T_3 + (T_2 - T_1)]$ 或 $T_4 \leq [T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$ 期限内发震者为良好，在 $T_4 \leq [T_3 + (T_2 - T_1) + 15]$ 期限内发震者为较好，否则即列为差。

至于震源深度，除常见的浅源地震外，凡与部分中源型“前三震”相对应之“后一震”的深度在120~300 km间者为良好，否则为差。同样，深源型“前三震”所对应“后一震”深度要大于300 km，否则亦定为差。

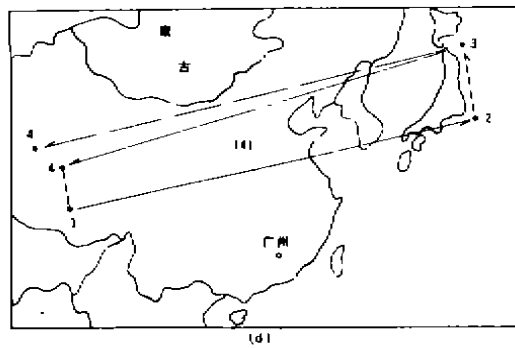
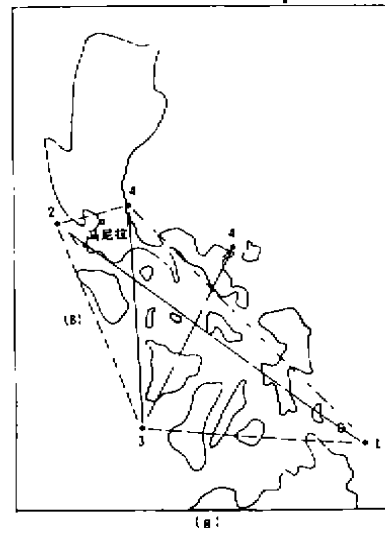
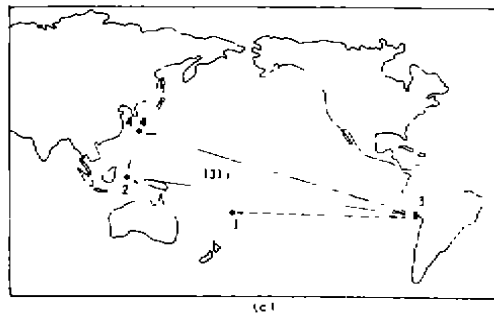
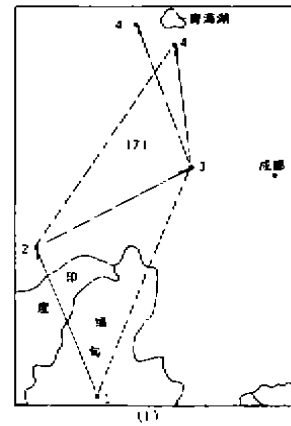
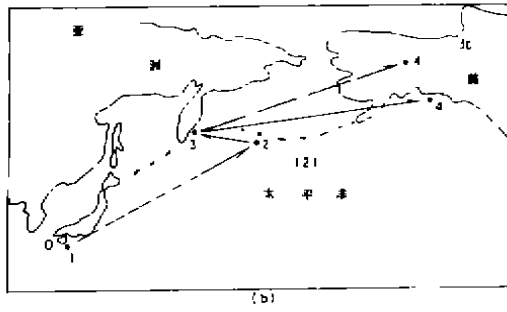
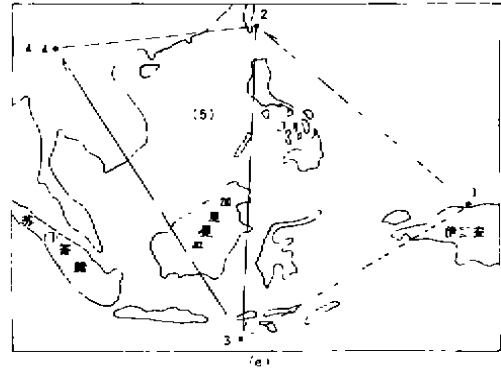
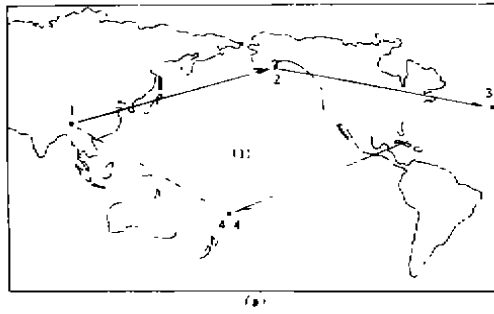
1.2.2 整体验证指标：

其含义是在上述诸要素的初评基础上再作综合平衡，以期从总体上把握预测的对应程度。考虑到提出的预测意见是着眼于“长期”，因而更多地侧重于发震地点和震级两要素，并视为主要指标，而发震时间和震源深度要素则暂作参考指标。据此，又设定：

经实际验证，凡上述4要素的均达“良好”，则此项预测意见的整体验证结果就列为“成功”或“对应良好”。凡上述4要素，只要发震地点或震级有一个主要指标超出允许误差、即属于“差”者，则整体验证结果就评为“失败”或“不对应”。

介于上述两者之间，又分为基本对应和一般对应。基本对应是指其中有一项主要指标稍有误差（属于“较好”）或仅有一项参考指标超出允许误差。一般对应是指有两项要素稍有误差，其中可包括一项参考指标超出允许误差。

总之，验证的结果可归纳于“成功”、“基本对应”、“一般对应”和“失败”4类对应程度。



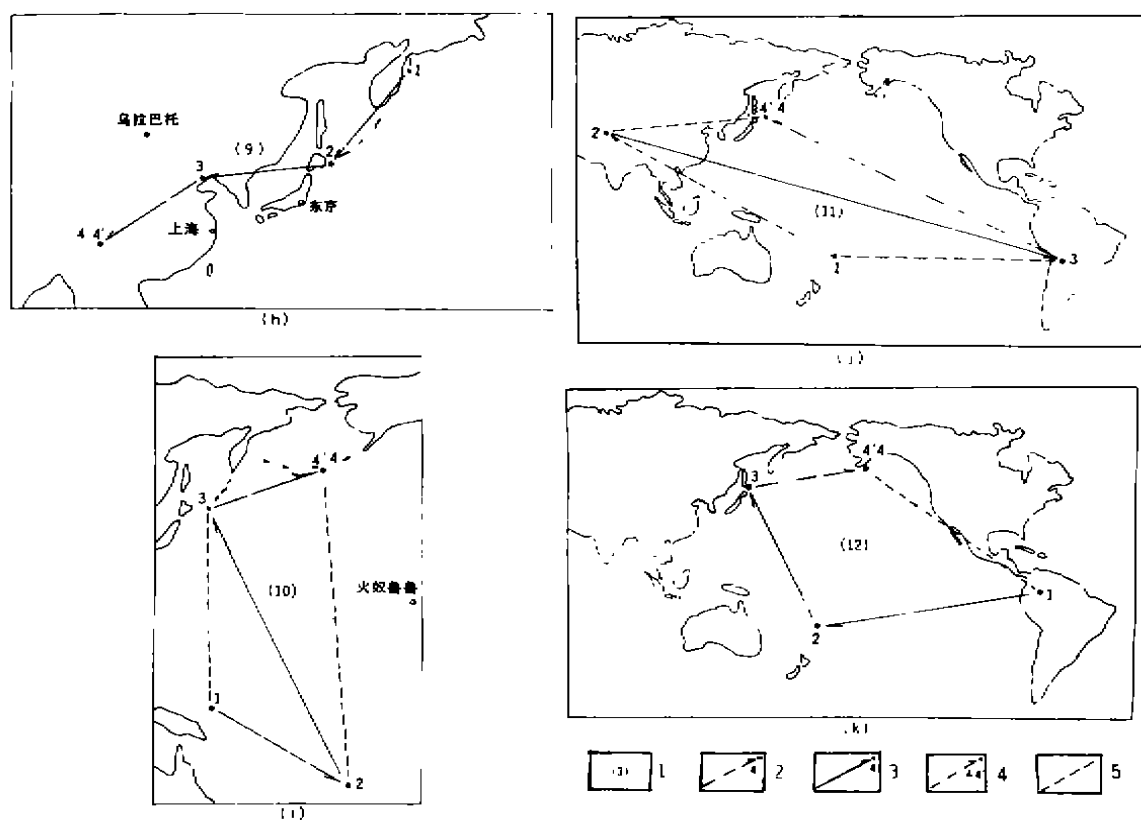


图 1 预测效果图

Fig. 1 Sketches of the forecasted results

1. 预测(表)编号; 2. 预测“后一震”的迁移方向与位置; 3. 实测“后一震”的迁移方向与位置; 4. 预测与实测相等合的“后一震”迁移方向与位置; 5. 构成对称迁移四边形图象之联线

2 全球大地震预测的验证

关于全球大地震的预测及其实际对应程度,经简化列于表 1,同时又将各预测项的对称迁移图象及其所预测的“后一震”(即第 4 震)顺次绘于图 1(a-K),以供查对。

表 1 最后两栏“分项评判”和“验证结果”就是按前一节单项验证指标和整体验证指标衡量的结果。

单就预测结果而言,值得提到的是:在主要预测项中(编号 1~12),只有 1 项(编号 6)未对应,属“失败”,其余 11 项,都有不同程度对应,其中“成功”5 项,(占 42%),“基本对应”3 项(25%),“一般对应”也 3 项(25%)。前两类合计占 67%,三类共计占 92%,可见总的对应率是令人满意的。

设立补充预测项,原是为了校正某些难以预料的配套误差而采取的补救措施——择其中有疑者进行重新配套而成。在一般情况下,补充预测项的对应率比主要预测项为低。实际上正是如此,如表 1 编号 13~17 五项中,未见“成功”类,只有“基本对应”和“一般

表1 全球地震预测结果表

Tab. 1 The results of forecasting great earthquakes in the world

原 编 号	预测三要素			对应三要素			分项评判			验证结果 与 说 明
	地 点	震 级	时 间	地 点	震 级	时 间 (年、月、日)	地 点	震 级	时 间	
1	汤加附近	8.5	1989年前	汤加东北	7.9	1986.10.20	✓	✓ (-0.6)	✓	✓
2	阿拉斯加	8.2	1980年前	阿拉斯加湾	8.1	1987.12.1	✓ (600 km)	✓	× (+7年)	× 超时过长
3△	塔察加半岛南	8.0	1990年前	琉球群岛 (28.6°N, 128.6°E)	8.0	1981.1.	✓ (300 km)	✓	✓	✓ h=130 km
4	中国 格尔木—巴京哈鲁	8.0	1980年前	格尔木—巴京哈鲁间 (34.0°N, 91.9°E)	7.0	1988.11.5	✓	✓ (-1)	× (+8年)	✓ 估计原配套地震参数有 误
5	缅甸或中缅边界	8.0	1988年前	中缅边界(云南澜沧)	7.6	1988.11.6	✓	✓ (-0.4)	✓	✓
6	马尔马拉海周围等	$\frac{3}{7.4}$	1980年前	?	?	?	×	×	×	× 估计配套有误差
7	中国格尔木一带	$\frac{3}{7.4}$	1994年前	青海共和—兴海间	6.9	1990.4.26	✓ (180 km)	× (- $\frac{3}{4}$)	✓	✓ 震级偏小
8	菲律宾(黎牙实比一带)	$\frac{3}{7.4}$	1993年前	菲律宾马尼拉东北	8.0	1990.7.16	✓ (250 km)	× (+ $\frac{1}{4}$)	✓	✓
9	中国巴塘、永胜间	$\frac{3}{7.4}$	1988年前	中国巴塘	6.7	1988.4.16	✓	✓ (-1)	✓ (+0.5年)	✓ 震级偏小
10	阿留申群岛东北	$\frac{3}{7.4}$	1993年前	阿留申东北段 (53.3°N, 167.1°W)	7.2	1987.2.27	✓	× (- $\frac{1}{2}$)	✓	✓
11△	阿留申或日本(东北)	$\frac{3}{7.4}$	1969年前	千岛群岛 (44.6°N, 147.7°E)	7.4	1978.12.6	✓	× (- $\frac{1}{4}$)	× (+9年)	× h=120 km 当时预测时间已过
12▲	阿拉斯加(南)	7.8	1986年前	阿拉斯加南	7.7	1989.9.4	✓	✓	✓ (+3年)	× 震深不明
13	印尼—新赫布里底间	$\frac{8.6}{-8.7}$	1977年前	新赫布里底群岛北	7.7	1980.7.17	✓	✓ (-1)	✓ (+3年)	✓ 当时预测时间已过
14	塔察加半岛东	8.5	1987年前	塔察加半岛东海中	7.5	1988.2.29	✓	✓ (-1)	✓ (+1年)	× 震级偏小
15	加勒比海周围	8.5	2006年前				/	/	/	待证
16	新西兰一带	8.0	1988年前	新西兰南 (49.6°S, 161.1°E)	7.9	1989.5.23	✓	✓	✓ (+1年)	✓
17	新西兰(北)	$\frac{7}{3.4}$	1989年前	新西兰南 (49.6°S, 161.1°E)	7.9	1989.5.23	✓ (600 km)	✓	✓	✓ 震中偏南

说明: ✓ 对应良好或成功 △ 对应较好或基本对应 × 一般对应

× 对应差或失败

△ 震源深度 hb=120—300 km ▲ h>300 km

对应”类。然而，它毕竟显示一定对应率，在目前认识水平下，仍有增设的必要，以便对比，但不宜过多。

3 预测效果分析

兹以表 1 主要预测项（前 12 项）的验证效果为例，作一简要的分析与讨论。

3.1 在各预测意见中，就单一要素而言，以发震地点的预测效果为最佳，其次是震级和震源深度，相对差的是发震时间。

凡已对应的发震点，其误差范围多在 400 km 以内。从预测全球角度来看，该误差精度是可以被接受的（尽管预测点的范围大小有别）。震级的对应效果也相当不错，与原预测震级相差 $\frac{1}{2}$ —1 级为只有 4 项，其余均在 $\frac{1}{2}$ 级以内。至于震源深度，其实注意力仅放于 120 km 以上的中、深源地震，表 1 列出三项，有两项 120~130 km 以上的深源地震未被验证。有关发震时间，限于方法只能预测到某某年前发展，系“半定量”，有一定伸缩性；不过，在长期预测范畴中能将时段控制在 20 年以内，无疑有其实用价值。事实上，在已对应的 11 项主要预测意见中，只有 3 项（编号 2、4、12）是超过最后预测期限的（编号 11 在 1980 年就已超时）。通过以上诸要素验证效果的逐条分析，不难看出，用对称迁移图象来预测全球某些地震是颇有成效的。然而，应当同时指出，从方法论上看，它仍带统计性和经验性的，不十分严密，又存在一定局限，这自然与现阶段预测水平尚有限有关。但是，“万里之行始于足下”，离开初级的统计和经验总结，人们的认识就不可能有更科学的飞跃。实际上，在当前地震预报领域内，应用经验统计方法揭示地震活动规律还不失为一种常规手段。从这一角度出发，笔者认为“对称迁移”法若能进一步推广应用，在实践中不断总结、提高，将会获得更有意义的预测成果。

3.2 在诸要素中，发震地点的对应正确与否是有关预测成败的关键。从对称迁移来衡量，除了要达到一定的精度外，所预测的“后一震”还需同与之配套的“前一震”在空间上互成对称图象，否则仍不算对应。这次为了预测全球大地震，参加配套的震级选取 $M \geq 7 \frac{3}{4}$ 级，相应的配套面积一般都较广，因此推得可能发生“后一震”的地域也相对要大些，这是正常的。当时在有些预测上曾追求“实效”，尽量缩小了预范围，事后证明这往往适得其反。譬如所预测的发震点定于“ $\times\times$ 、 $\times\times$ （两地）一带”比“ $\times\times$ 、 $\times\times$ （两地）之间”更符合现阶段的预测水平。如有足够的“前三震”震源参数，配以文献 [2] 数值计算，有可能进而把未来的发震范围圈定得更合理。

3.3 分析了发震时间的验证效果后，可以发现不论主要预测项抑或补充预测项，大多数地震往往在 $[T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$ （年）内或再稍超 2—3 年后发生。这说明大多数地震的发震时间还可“半定量”预测的，并非难得不可捉摸。另外，按现有的经验看，将发展的最后期限改为 $[T_3 + (T_2 - T_1) + 13]$ ，可使预测效果明显改善。发震最后期限的后延，似与近十年来全球地震活动水平偏低、能量释放速率减慢直接有关。由此可见，对那些发生于 $[T_3 + (T_2 - T_1)]$ 期内、震级又未达到预测值或四次配套地震所构成的图象尚不完全对称的“后一震”应有所警惕，不宜完全满足于已有的“低级”对应，在其相应部位日后还有可能发生更大震级的地震。

3.4 与上述超时发震特点相联系的,还有实测震级($6\frac{3}{4}\sim 8.1$ 级)比预测震级($7\frac{3}{4}\sim 8.5$ 级)偏小。在全部预测项中,只有编号3、8、17三项的实测震级略高或基本等于预测震级。值得指出的是所预测的8.5级地震,除编号15项尚待证外,其余(“主要预测”仅占一项)均未“达标”。看来,这同样可能与近十年来全球地震活动处于相对平静幕有关。它为预测全球大震提供了又一条值得参考的经验,即在相对平静幕所预测的震级其总体水平(释放能量)应适当降低。

3.5 笔者1980年写的文稿(附录)中,曾从预测全球的“窗口”俯视当时我国境内的地震危险区,并指出“主要的危险在于我国西南地区,从中缅边境开始,经巴塘、格尔木,直达西昆仑南麓,呈北西向展布,震级为 $7\frac{3}{4}-8$ 级”。众所周知,自唐山地震后,我国地震活动一度转入平静,而近十年内略具强度的地震主要正发生于西南地区,并且又是分布于中缅边界的澜沧(1988年11月6日,7.6级)、巴塘(1989年4月16日,6.7级)和昆仑南麓格尔木—巴克哈鲁之间(1988年11月5日,7级),该三处相连正好呈北西向,目前最大震级为7.6级,与预测震级下限($7\frac{3}{4}$ 接近。这是从几个单项预测中归纳出某一地区性的预测意见、事后又有颇好对应的成功实例。它为当前单层次(单项)预测向日后多层次(如地区性、最佳发震期等)预测过渡提供了宝贵线索。

3.6 综上所述,应用对称迁移图象预测全球大震的初步成功,显示了建立于X型断裂网络^[3,4,2]①背景上的对称发震模式^[2]具有一定的科学依据;同时,也在一定程度上揭示了全球大震活动具有某种内的联系。一个地区之所以发生大地震除与当地浅部、深部地质构造环境密切有关外,似乎还与全球更深层次的力源机制息息相关,特别是那些跨板块的四次地震竟能彼此匹配,并呈有规律的对称图象面“按时”出现,显然不纯系随机的。这一独特的现象,实质上已牵涉到一个十分深奥的理论问题,目前尚难以给出令人满意的答案。只有在反复实践、逐步加深认识的基础上,才会有所突破。而从应用角度着眼,一个重要的认识是:今后对大地震的预测有必要与全球地震活动总态势和总图象分析结合起来,以此可望提高预测的可靠性。

参 考 文 献

- 1 何正瑾.地震的对称迁移及其预测方法.西北地震学报,1982,(4).
- 2 何正瑾,王开福.地震对称迁移图象的初步研究.地震学报,1986,增刊号.
- 3 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,1979,(1)
- 4 Mood, J. D., Crustal shear patterns and orogenesis, Tectonophysics, No3, 1974.

2) 李四光.地壳运动的问题(讨论提纲),1956

全球大地震预测表

附录:(何正植文)

编 号	配套地震("前三震")										预测地震("后一震")									
	1			2			3			第一可能		第二可能		第三可能		震 级	时 间			
	地 点	时 间	震 级	地 点	时 间	震 级	地 点	时 间	震 级	对称 迁移 类型	发震地点	对称 迁移 类型	发震地点	对称 迁移 类型	发震地点					
1	中国西藏 28.7°N 96.7°E	1950	8.5	美国阿拉斯加 61.1°N 147.6°W	1964	8.5	亚述尔群岛 东南海中 37.0°N 23.0°W	1975	8.5	圆 闭	汤加附近	圆 闭				8.5	1989 年前			
2	日本 32.5°N 134.5°E	1946	8.2	阿留申 群岛 51.3°N 175.8°E	1957	8.2	堪察加半岛 52.5°N 159.5°E	1959	8.2	对 角	马里亚纳 群岛	弯 折	阿拉斯加	圆 闭	中 国 渤海湾一带	8.2	1980 年前			
3△	汤加(北) 19.5°S 176.5°W	1919	8.0	马鲁古海峡 0° 123°E	1939	8.0	秘 鲁 15.8°S 72.8°W	1960	8.0	弯 折	堪察加半岛 (东)					8.0	1980 年前			
4	中国西藏 31.1°N 91.4°E	1951	8.0	日本 34.0°N 141.5°E	1953	8.0	日 本 40.7°N 143.7°E	1968	8.0	圆 闭	中国 青海 格尔木或西 藏巴克哈鲁	圆 闭				8.0	1980 年前			
5	伊里安岛 2½°N 139½°E	1971	8.0	中国 台湾 22.3°N 122.4°E	1972	8.0	印度尼西亚 10.9°S 117.5°E	1977	8.0	弯 折	缅甸或中緬 边界附近	弯 折	日 本 本洲岛东侧			8.0	1988 年前			
6	土耳其 40.5°N 27.0°E	1912	7.8	土耳其 36.5°N 27.5°E	1926	7.9	爱琴海 36.7°N 25.8°E	1956	7.8	圆 闭	希腊(或 加利西亚)或 希腊(或南 斯拉夫)交 界	对 角	马尔马拉海 周 围	弯 折	中 海 克里特岛南	7 ¾ 4	1980 年前			
7	緬 甸 23.5°N 96.0°E	1946	7.8	中国西藏 28.6°N 93.6°E	1947	7.8	中国四川 31.1°N 100.6°E	1973	7.9	圆 闭	中国云南东 部(近昆明)	弯 折	中国 青海 格尔木一带	对 角	孟加拉国	7 ¾ 4	1984 年前			
8	菲律宾 9½°N 127¼°E	1952	7 ¾ 4	菲律宾 14.5°N 120.1°E	1972	7.8	菲律宾 10°N 121.9°E	1973	7.8	对 角	菲律宾东北 (黎牙实比 一带)	圆 闭	苏联(或西 纳努群岛 一带)	弯 折	中国 南海 黄岩岛附近	7 ¾ 4	1993 年前			

续上表

9	塔索加半岛 56° 0'N 165° 0'E	1971	7.8	日本 43° 2'N 146° 1'E	1973	7.9	中国河北 39° 6'N 118° 2'E	1976	7.8	围闭	苏联 远东海地带	弯折	中国西南 巴塘、永胜间		$7\frac{3}{4}$	1988 年前	
10	俾斯麦海 33 $\frac{1}{2}$ °S 153 $\frac{1}{2}$ °E	1971	$7\frac{3}{4}$	汤加群岛 19° 0'S 173° 0'W	1976	7.9	千岛群岛 43° 5'N 149° 7'E	1973	7.8	弯折	阿留申群岛 北				$7\frac{3}{4}$	1983 年前	
11▲	汤加(北) 19° 5'S 176° 5'W	1919	$7\frac{3}{4}$	兴都库什山 36° 5'N 70° 5'E	1921	7.8	玻利维亚 41°S 73°W	1957	7.8	弯折	阿留申群岛 或日本 (东北)				$7\frac{3}{4}$	1969 年前	
12▲	哥伦比亚 0° 71°W	1911	7.8	菲律宾 21° 5'S 117°W	1937	7.8	库页岛 46°N 144°E	1950	7.8	围闭	美国对 阿拉斯加 (南角)	对角	阿根廷(南)		7.8	1986 年前	
13	印度阿萨姆 26° 0'N 91° 0'E	1897	8.7	厄瓜多尔 1°N 81° 5'W	1906	8.6	千岛群岛 44° 4'N 148° 6'E	1958	8.7	对角	印度尼西亚 西旁—— 新赫布里底 群岛	弯折	中美洲	围闭	葡萄牙西 大西洋中	8.6 ~ 8.7	1977 年前
14	中国甘肃 36° 4'N 105° 8'E	1920	8.5	日本 39° 3'N 144° 5'E	1933	8.5	阿拉斯加 61° 1'N 147° 6'W	1964	8.5	围闭	塔拿加 半岛东				8.5	1987 年前	
15	日本 39° 3'N 144° 5'E	1964	8.5	阿拉斯加 61° 1'N 147° 6'W	1964	8.5	大西洋 37°N 23°W	1975	8.5	围闭	中美洲 (加勒比海 周围)				8.5	2006 年前	
16	日本 40° 7'N 143° 7'E	1968	8.0	阿拉斯加湾 55°N 137° 5'E	1972	8.0	秘 鲁 12° 7'S 77° 3'W	1974	8.0	围闭	新西兰一带	弯折	大西洋 (亚述尔 群岛附近)		8.0	1988 年前	
17	智利 32° 5'S 71° 2'W	1971	7.8	马斯克林群岛 22° 0'S 69° 5'W	1974	7.9	汤加群岛 19°S 173°W	1976	7.9	围闭	新西兰(北)				$7\frac{3}{4}$	1989 年前	

注:△表示中源源地震;▲表示深源地震;*示按 $[T_3 + (T_2 - T_1) + 10]$ 估计。

本表系作者“应用地震对格迁移性预测全球大地震发生的初步尝试”文章中附表2重印,曾在1980年兰州召开的“地震大形势分析研讨会”上宣读过。

THE TEST AND ANALYSIS OF PREDICTION OF GREAT EARTHQUAKES IN THE WORLD

He Zhengtan

(Seismological Bureau of Shanghai City)

ABSTRACT

In 1980, the author predicted some coming great earthquakes in the world by using the symmetrical migration pattern of earthquake. The prediction consists of 12 principal items and 5 additional items. The better part of the items has given satisfactory result for the recent decade. Thus it indicates that the symmetrical migration pattern as a new method may be of practical significance in earthquake predication.

Key words: Earthquake migration; Earthquake preparation; Evaluation of prediction ability