

中国大陆区域7级以上地震发生后的序列特征

一次浅源强震发生后，震区人民的生命财产总会受到不同程度的损失。广大群众由于耽心再次发生同样大的或更大的地震均搬到室外居住。在这样的情况下，地震工作者必须在尽可能短的时间内（一般就在地震发生的当天或第二天）向党政领导和广大群众给出正确而具体的地震趋势意见。本文根据1900年至1980年间中国大陆地区历史上所有 $M_s \geq 7$ 地震资料进行统计研究，顺便从统计角度回答未来7级以上地震发生后的序列特征。

中国大陆区域1900年至1980年间的7级以上地震目录如下：

年	月	日	震级	序列类型	震中参考地名	年	月	日	震级	序列类型	震中参考地名
1902	8	22	8 ¹ / ₄	a	新疆 阿图什	1946	1	11	7.2	a	黑龙江 宁安
1906	12	23	7.9	a	新疆 沙湾南	1947	3	17	7.7	a	青海 达日
1909	4	15	7.3	a	台湾 台北	1947	7	29	7.7	a	西藏 朗县
1909	11	21	7.3	a	台湾 南澳	1948	5	25	7.3	a	四川 理塘
1913	12	21	7	a	云南 峨山	1949	2	24	7 ¹ / ₄	a	新疆 轮台
1914	8	5	7 ¹ / ₂	a	新疆 巴里坤	1950	2	3	7.0	a	云南 勐海
1915	12	3	7	a	西藏 桑日	1950	8	15	8.6	a	西藏 墨脱
1916	8	28	7.5	a	西藏 普兰南	1951	11	18	8	a	西藏 当雄
1917	7	31	7	a	云南 大关	1954	2	11	7 ¹ / ₄	a	甘肃 山丹
1917	7	31	7.5	a	吉林 琿春	1954	7	31	7	a	内蒙 腾格里沙漠
1918	2	13	7.3	a	广东 南澳	1955	4	14	7 ¹ / ₂	a	四川 康定
1918	4	10	7.2	a	吉林 琿春	1955	4	15	7	b	新疆 乌恰
1920	12	16	8 ¹ / ₂	a	宁夏 海原						注：33分钟后又在当地发生同级地震
1923	8	24	7.3	a	四川 炉霍						
1924	7	8	7 ¹ / ₄	c	新疆 民丰	1957	1	3	7	a	黑龙江 东宁
					注：7月12日在同一地区发生同级地震	1963	4	19	7	a	青海 阿拉克湖
1925	8	16	7	a	云南 大理	1964	1	18	7	a	台湾 台南
1927	5	23	8	a	甘肃 古浪	1966	3	22	7.2	a	河北 宁晋
1931	8	11	8	a	新疆 富蕴	1970	1	5	7.7	a	云南 通海
1932	12	25	7.6	a	甘肃 昌马	1973	2	6	7.9	a	四川 炉霍
1933	8	25	7 ¹ / ₂	a	四川 茂汶	1973	7	14	7.3	a	西藏 玛尼
1934	12	15	7	a	西藏 申扎	1973	9	29	7.7	a	吉林 琿春
1935	4	21	7.1	a	台湾 苗栗	1974	5	11	7.1	a	云南 永善
1936	8	22	7.2	a	台湾 恒春	1974	8	11	7.3	a	新疆 乌鲁木齐
1937	1	7	7 ¹ / ₂	a	青海 阿兰湖	1975	2	4	7.3	a	辽宁 海城
1937	8	1	7	a	山东 菏泽	1976	5	29	7.3	b	云南 龙陵
1940	7	10	7.3	a	黑龙江 东宁						注：两小时后又在当地发生7.4级地震
1941	5	16	7	a	云南 耿马	1976	7	28	7.8	a	河北 唐山
1941	12	17	7	a	台湾 嘉义	1976	8	16	7.2	c	四川 松潘
1941	12	26	7	a	云南 澜沧						注：8月23日在当地又发生同级地震
1944	8	10	7.2	a	新疆 新源						
1944	9	28	7	a	新疆 喀什						

表中，a为单主震—余震序列，b为双主震—余震序列，c为续发性地震序列。全表共有代表序列类型的7级以上地震57个（除去双主震和续发性地震的第二个7级以上主震以及7

级以上的强余震)。从简单的统计可以看出:

单主震—余震序列 53个, 占总序列数的93%;

双主震—余震序列 2个, 占总序列数的3.5%;

续发性地震序列 2个, 占总序列数的3.5%。

双主震在当天发生后, 仅会出现一系列呈起伏衰减的余震, 与单主震—余震序列的演变规律完全一样。因此, 当把双主震看成为一个主震时, 它可以归并入单主震—余震序列。这样, 单主震—余震序列就占总序列数的96.5%了。若把子样数减少, 仍可得到与上述类似的结论:

1. 1900年至1949年底中国陆地上7级以上地震的总序列数为36个, 其中单、双主震—余震序列数为35个, 占总序列数的97%; 续发性地震序列1个, 占总序列数的3%。

2. 1949年底至1980年中国陆地上7级以上地震的总序列数为21个, 其中单、双主震—余震序列数为20个, 占总序列数的95%, 续发性序列1个占总序列数的5%。

以上结果表明, 不论统计的样本数是57, 还是36或21, 单、双主震—余震序列的百分比均在95%以上; 而续发性地震序列在5%以下。

解放后, 中国陆地上发生了二十一个7级以上地震序列。在每次主震发生之后, 震区广大群众均在室外住一月以上, 有时长达一年之久, 造成了大量人力、物力的损失, 对各项生产和社会治安产生了许多不良影响。如果我们发现并使用上述结论则只会错报一次而二十次是正确的, 其实际效益十分显著。

在统计中, 我们还注意了前震与主震的关系: 有些主震之前有前震, 有些却没有。尽管人们在遭遇到一次地震后很难断定它是否为前震, 但下面的事实却可以肯定: 在中国陆地上, 至今没有发现前震震级超过6.8级者(指全国台网平均震级)。为了留有余地, 我们可以将它改为: 中国陆地上的前震震级不超过7级。换句话说就是, 只要中国陆地上发生 $M_s \geq 7$ 级的地震, 震区人民就没有必要耽心将来发生比它更大的地震。这个结论在1951年11月18日西藏当雄8级地震后即可作出(它的最大前震为6.8级)。至今三十年来未被地震的实际情况推翻。该结论还可以反过来使用: 当一个地区发生地震后, 如果震级不到7级, 那么, 它有可能是未来更大地震的前震。如在1966年3月9日, 我们根据该结论就可以把1966年3月8日邢台发生的6.8级地震怀疑为前震, 从而避免3月22日7.2级大震造成的伤亡。

一般地说, 在中国陆地上, 主震与最大前震的震级差 $\delta M \leq 2.2$; 其前震为6.8级者, 在长达三千年的中国地震史料中只是极为罕见的例子。因此, 在中国陆地上发生7级以上地震后, 预报“不再发生更大的地震”是很保险的。至于如何预报出罕见的续发性地震以及类似于1966年3月22日那样的主震, 我们认为, 由于介质结构的特征, 受力方式等因素的影响, 孕震区所积累的应变能可以由一次主要地震来释放, 也可以通过几次主要地震来释放。虽然释放的能量的形式有所不同, 但总能量肯定不超过所积累的应变能。

如果现在已经发生一个7级以上地震, 则可根据当地应变能的积累速率及其与前一次主震的间隔时间推算出该地震的理论震级; 如果理论震级明显地大于实际震级则可能有续发性地震发生。该方法在能够计算出地震重复周期的地方很好使用, 否则就难以使用。为此我们还可以将有序列类型的7级以上地震震中点在图中, 可以看出, 以东经106度为界的中国西部大陆地区共有两次续发性地震序列, 两次双主震—余震序列。在东部大陆地区, 没有上面两种序列。而台湾地震区, 面积远远小于西部大陆地区, 但续发性地震却有两次, 双主震—

余震序列也有两次。这就表明：地震频度越大的地区，续发性和双主震—余震序列的数量越多。换句话说就是：当一次7级以上大震发生后，在中国西部和台湾地区还有可能发生续发性和双主震序列，而在中国东部地区则绝大多数发生单主震—余震序列，续发性和双主震序列则更少。

其次，根据 $M_s \geq 7.5$ 级地震发生后的序列类型的统计结果来预告续发性地震。从公元前780年至今，中国境域共发生7.5级以上大震52个。它们全部是单主震—余震序列，没有续发性、双主震—余震序列，也没有在 $M_s \geq 7.5$ 级的地震发生后出现更大地震的事例。这就是说，在中国的任一地区发生7.5级地震后，没有必要耽心发生同样大的或更大的地震。其原因是：7.5级以上地震的震源体长度一般大于100公里，主要储能体已被破坏，使得同样大的或更大的地震丧失了再出现的根本条件。

再有是一次大震发生后，将会沿着它所处的构造带的不同地段连续发生地震，这种现象称为地震迁移。这一系列的主震就构成了地震迁移序列。其特点是该序列中各次主震的震级很接近。如果在同一构造带上第二个地震的震级远小于第一个地震则应谨防续发性地震出现。例如，1933年8月25日在四川省茂汶北发生7 $\frac{1}{2}$ 级地震，按一般迁移规律，将在该构造带上发生同震级的地震；果然，在1933年茂汶大震震中以北的松潘和南坪分别发生了1960年11月9日6 $\frac{3}{4}$ 级及1973年2月6日6.5级两次地震，但它们的震级远比茂汶7 $\frac{1}{2}$ 级震小得多。这些情况表明：当地有多个储能体，1960年和1973年两次中强地震没有把主要应变能释放出来。1976年8月16日在松潘发生7.2级地震，它表明构造运动在不断增强且已经破坏了一个较大的储能体。但是所放出的能量还很不够（比茂汶震释放出的能量少），它很可能将别的储能体（平武地区在1630年1月16日发生6 $\frac{3}{4}$ 级地震，至1976年已经有346年未发生过地震。显然，在此地附近有一个大的储能体）破坏发生大地震。根据上述理由，应在该地附近警惕续发性地震发生。

还有的是有些续发性地震之前出现升级型的前震序列。根据这种特殊标志可以预测续发性地震发生。

在1976年8月23日7.2级续发性地震前，松潘、平武地区曾出现了以下明显的升级型前震序列：

8月18日4.8级，19日5.9级，22日6.7级。这种序列与一般余震序列的区别在于：在余震区及其附近的某一个新区突然出现地震且震级逐渐加大，甚至有两个地震的震级超过了“第一主震（如8月16日松潘7.2级）发生后两天之内的最大余震震级”。

这个重要的标志不仅可以预报出有前震的续发性地震，而且可以预报出邢台类型的主震（如1966年3月22日邢台发生的7.2级地震）。对没有前震的续发性地震可以根据地形变（水准测量和地倾斜）、水氡、重力、地磁、地电、地气、动物反应和地下水等在震前的变化来预测。由于它们不是本文研究的课题在此不予讨论。最后必须指出，以上方法只能争取多报出一些7级以上的续发性地震而不能保证所有 $M_s \geq 7$ 级的续发性地震都能预报成功。

根据以上的统计和论述，可以得出中国陆地上 $M_s \geq 7$ 级地震发生后的序列特征：

绝大部分（93%）的地震是单主震—余震型序列。个别情况（各占3.5%）出现双主震—余震型和续发性地震序列。其中，在 $M_s \geq 7.5$ 级地震和中国东部陆地 $M_s \geq 7$ 级地震发生后，只会出现比主震小的、呈起伏衰减的余震序列。

把上述特征的进一步研究结果应用于实际地震预报可以给出 $M_s \geq 7$ 级地震发生后预测

未来趋势的方法：

1. 在中国西部地区，如果不要求报出个别的续发性地震，那么在发生7级以上地震后的第二天就可以向震区群众宣布：未来数年内，当地不会再发生同样大的或更大的地震。如果要求预报出续发性地震则按本文介绍的“续发性地震预报方法”进行预报；

2. 在中国东部地区，在7级以上地震发生之后不会在当地再发生同样大的或更大的地震，而只会发生一系列比主震小的、呈起伏衰减的余震；

3. 中国陆地上发生7.5级以上地震后，不会在当地再发生同样大的或更大的地震；因此，不论在中国东区还是西区，在7.5级以上地震发生后，只需防备比主震小的、呈起伏衰减的余震系列。

4. 中国陆地上的最大前震，尚未发现大于6.8级者。因此，只要发生7级以上地震就不会出现更大的主震。相反，震级不足7级时应谨防发生更大的地震。

5. 由于中国的地质条件所限，在陆地上不会发生多于两个 $M_s \geq 7$ 的地震。因此，当双主震和续发性地震发生后，未来的地震趋势必然是呈起伏衰减的余震系列。

6. 在一个构造带上，如果现在发生的地震比迁移序列上的地震的震级平均值小则应警惕续发性地震的发生。

7. 如果7级左右地震的余震区及其附近的某一区域出现升级型前震序列则往往是续发性或更大地震的短临前兆。

（姚国干、高建国）

（本文1981年5月23日收到）

THE ALIGNMENT FEATURE AFTER EARTHQUAKES ($M \geq 7$) AT DRY LAND OF CHINA

Yao Guogan Gao Jianguo