

信号性震中迁移

姚立珣

(兰州地震研究所)

前言

关于震中迁移现象已有不少人进行过研究。1966年郭增建等同志研究了甘肃和宁夏地区发生的破坏性地震的迁移规律,提出了可以把震中迁移现象作为地震预报的一种方法,并指出未来大震最可能是沿着原来的极震区长轴方向、弱震带延伸方向和发展构造延伸方向迁移^[1]。1966年邢台地震后,人们根据震中迁移预报过1967年河间6.3级地震和1975年海城7.3级地震。1980年郭增建、秦保燕同志编制了全国震中迁移略图^[2],该图给出了中国大陆主要的地震迁移带。1981年在该图所给出的道孚至民丰迁移带上再次出现了破坏性地震的迁移现象,即1981年1月24日四川道孚发生了6.9级地震后,沿着北西迁移带于6月7日在青海乌兰乌拉湖发生了6.8级地震。这些事实表明,地震的迁移现象在地震预报中有一定的意义。但是,以往利用震中迁移预报地震时,只能预报地震的迁移方向,不能预报未来地震发生的地点。为了弥补这一不足,本文提出一种利用信号性震中迁移来确定未来地震发生地点的方法。所谓信号性震中迁移就是指在未来大震发生之前,就有预示未来大震发生地点的信号性地震出现,这种信号性地震的迁移路线或迁移方向将显示出地震的危险区域。根据我们的研究,初步总结出两类信号性震中迁移。一类是发生在构造交汇区的各个构造带上的信号震。它们的出现预示着地震将向构造交汇区迁移,因而构造交汇区将是未来地震的危险区。另一类是跨越某一空区反复迁移的信号震。它们的出现预示着该空区即为地震危险区。下面将分别进行讨论。

一、发生在构造交汇区各构造带上的信号震

我国许多大地震都发生在构造交汇部位或其附近。总结这些震例我们发现,对于具有两条或两条以上构造带交汇的地区,如果在各构造带上出现比平时频繁或强度大的地震活动,并且各构造带上地震活动出现的时相间同或相近时,则在构造交汇部位将可能有大地震发生,这是第一类信号震。它们的出现和迁移将预示着构造交汇部位是地震危险区。下面举一些实例加以说明。

1. 1679年三河—平谷8级地震 三河—平谷地区位于阴山东西构造带和邢台到北京的北

东构造带的交汇部位。这次8级大地震发生前10年内，东西向构造带上发生过一些有感地震，但在北北东构造带上没有有感地震发生。在大震发生前的一年内，两个构造带上同时出现了中强地震活动。结果，在两个构造带同时活动后不到一年的时间，就在构造交汇部位附近发生了8级地震，如图1所示。

2. 1924年新疆民丰7.3级地震 1924年7月3日和7月12日新疆民丰地区发生两次7.3级地震。这两次地震发生在北东向阿尔金山构造带和北西西向炉霍—民丰构造带交汇区。在此大震发生前较长时间内这两条构造带没有出现中强震活动（炉霍构造带在1919年发生炉霍6.3级和甘孜6.3级地震后一直没有较强的地震活动，阿尔金山构造带也一直比较平静）。但在民丰地震发生之前一年多的时间内，阿尔金山于1922年10月发生6.5级地震，1923年3月和6月在炉霍和道孚分别发生7.3级和6.5级地震。一年以后，在这两个构造带的交汇部位发生两次7.3级地震，见图2。

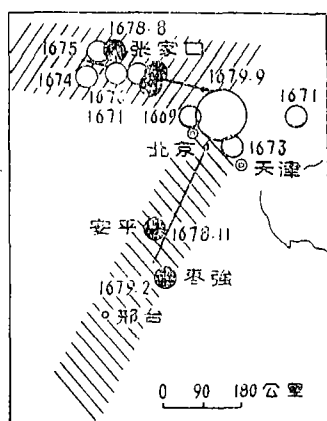


图1 三河—平谷8级地震前的信号震
Fig. 1 Signal earthquakes before
Sanhe—Pinggu earthquake ($M=8.0$)
in 1679

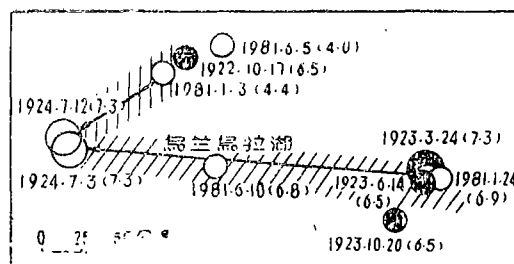


图2 1924年民丰7.3级地震前的信号震
及1981年的地震活动
Fig. 2 Signal earthquakes before
Minfeng earthquake ($M=7.3$) in 1924

值得指出的是，1981年在这两个构造带上又出现类似于1923年的地震活动图像，即1981年1月和6月在阿尔金山构造带上发生了4.4级和4.0级地震，在炉霍—民丰构造带上发生了道孚6.9级地震和乌兰乌拉湖6.8级地震。虽然这些地震的强度比前一次的小，但是对这两个构造带及其交汇部位的地震动向仍是值得注意的。

3. 1927年5月23日古浪8级地震 古浪地区位于兰州至古浪的北北西构造带和祁连山北西西构造带的交汇部位。古浪大震之前很长时间内，在这些构造带上没有中强震活动，但从1927年3月开始，在这两个构造带上相继出现中强震活动。1927年3月16日在青海哈拉湖西南发生了6级地震，1927年4月在兰州西南发生4.5级地震，1927年5月23日古浪发生5.5级地震，接着便在古浪发生了8级大地震，如图3所示。

4. 1976年7月28日唐山7.8级地震 1976年唐山大地震发生前十年中，北东向构造带已出现较强的地震活动，如1966年发生在邢台的7.2级地震，1967年发生在河间的6.3级地震。在东西向的阴山构造带上虽然也有地震发生，但相比之下地震频度和强度都小得多，且两个

构造带没有出现同时的地震活动。但1976年4月在阴山构造带上发生了和林格尔6.3级地震,接着4月22日在东北构造带上的文安发生了4.8级地震。在这两个构造带同时出现地震活动后的三个月,就在这两个构造带的交汇部位附近发生了唐山7.8级地震,如图4所示。

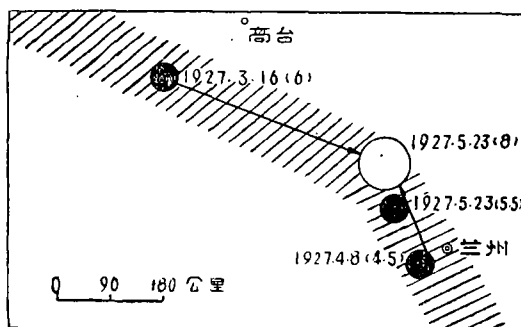


图3 古浪8级地震前的信号震

Fig. 3 Signal earthquakes before Gulang earthquake ($M=8.0$) in 1927

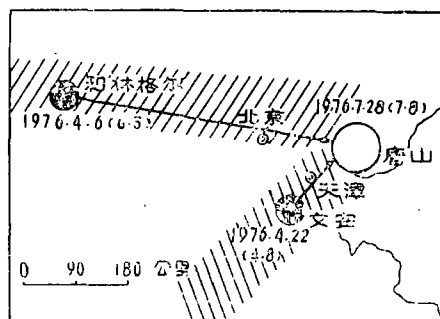


图4 唐山7.8级地震前的信号震

Fig. 4 Signal earthquakes before Tangshan earthquake ($M=7.8$) in 1976

5. 1976年松潘7.2级地震 1976年8月16日和23日松潘发生两次7.2级地震。在这次大震前的半年内,在南北地震带上出现了地震活动,即1976年2月15日汶川4.7级地震和6月21日大邑3.7级地震。在丹江到武都的东西构造带上于1976年2月5日发生了内乡震群,该群震地震多达200余次,最大震级是4.0级。这表明在松潘地震之前,两个构造带出现了同时的地震活动,松潘大地震就发生在构造交汇部位附近,见图5。

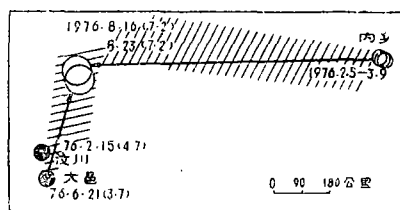


图5 松潘7.2级地震前的信号震

Fig. 5 Signal earthquakes before Songpan earthquakes ($M=7.2$) in 1976

顺便指出的是,大地震一般并不是恰好发生在构造交汇部位,而是发生在构造交汇区附近。这是因为,构造交汇部位地壳岩石比较破碎,不容易积累起较大的能量,这些部位一般被认为是应力调整单元,而在构造交汇区附近,因地壳介质比较完整,容易积累起较大的能量,被认为是应力积累单元,即大地震的危险区域。

由以上实例可以看出,参与构造交汇的在构造交汇区,各个构造带上,同时或在不长的时间内出现地震活动不是偶然的,而是与大地震的发生有密切的关系。这表明,在大地震来临前,该区的地壳岩石已接近破裂状态,在与其相关的构造带上介质较脆弱的地方首先发生中强震。这些中强震的发生进一步将能量转移到构造交汇部位附近,因而促使了大震的发生。由此可见,同时发生在构造交汇部位的各构造带上的地震为我们判断未来大震的发生地点和时间提供了一种信号,它们的出现将意味着在不长的时间内在构造交汇区附近可能要发生大地震。

二、震中迁移路线反复跨越大地震空区的信号震

关于地震空区的研究越来越受到人们的重视，因为利用地震空区可以预测未来大震的发生地点和强度。我们研究了发生在地震空区周围的地震的迁移规律后发现，在一次大地震之前几十年内，围绕着地震空区会出现多次中强震活动。在每次地震活动中，中强地震的迁移路线都反复跨越地震空区。这些中强震的迁移活动为我们提供了确定地震危险区的信号，我们称这种地震为第二类信号震。下面举一些实例来说明。

1. 1668年郯城—莒县8.5级地震 在这次大地震发生之前的50年内，华北地区出现三次地震活动高潮，第一次是1620年到1624年，第二次是1642年到1644年，第三次是1651年到1658年。在这几次地震活动高潮中，地震迁移路线都反复跨越了郯城、莒县周围较大的空区，郯城—莒县大震就发生在空区中，见图6。

2. 1920年12月16日海原8.5级大震 在海原8.5级地震发生之前，在武都到灵武这一南北构造带上，曾出现多次中强地震活动的迁移现象。海原大地震就发生在几次震中迁移路线所跨越的空区，如图7所示。

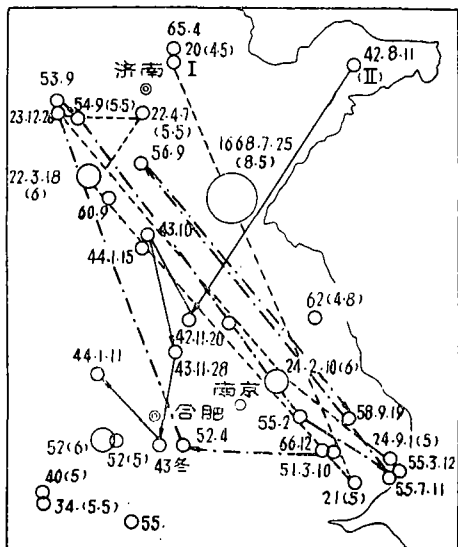


图6 郯城—莒县8.5级地震前的信号震迁移所显示的空区

I 1620—1624 II 1642—1644 III 1651—1658
Fig.6 Signal earthquakes and seismic gap shown by them before Tancheng—Luxian earthquake ($M=8.5$) in 1668

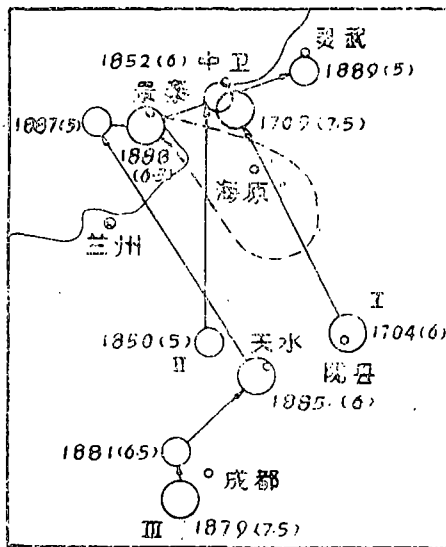


图7 海原8.5级地震前的信号震迁移所显示的空区

Fig.7 Signal earthquakes and seismic gap shown by them before Haiyuan earthquake ($M=8.5$) in 1920

3. 1950年8月15日察隅8.5级地震 在察隅8.5级地震发生之前，在1923年到1950年期间，察隅周围发生了多次中、强地震，明显地出现四次地震迁移活动。第一次是1923年到1925年，第二次是1931年到1935年，第三次是1938年到1941年，第四次是1946年到1949年。

这四次地震活动中地震迁移的路线都跨越了察隅大震空区。这几次地震活动的特点是地震强度大，震中迁移时所跨越的空区也大，察隅8.5级大震就发生在该空区内，如图8所示。

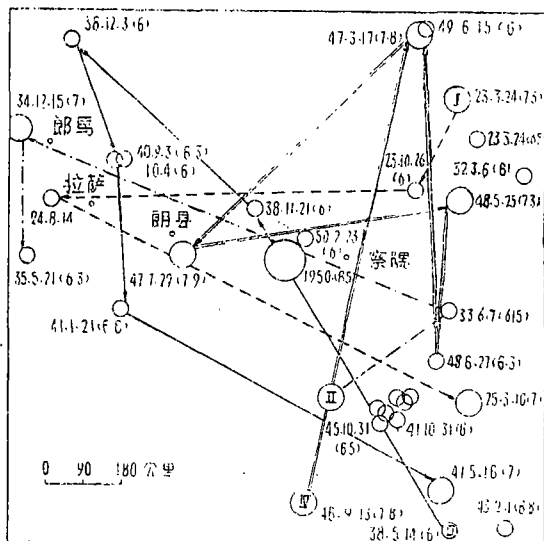


图8 察隅8.5级大震前的信号震迁移所显示的空区

I 1923—1925 II 1931—1935

III 1938—1941 IV 1946—1949

Fig. 8 Signal earthquakes and seismic gap shown by them before Chayu earthquake ($M=8.5$) in 1950

4. 1951年11月18日当雄8级地震 当雄大地震发生前的二十年内，在当雄周围地区曾出现几次地震活动高潮。第一次地震活动高潮发生在1934年到1938年，第二次是1940到1943年，第三次是1949到1950年。在这几次地震活动中，中、强震的迁移路线都跨越了较大的空区或沿空区外围迁移，当雄大地震就发生在空区之中，如图9所示。

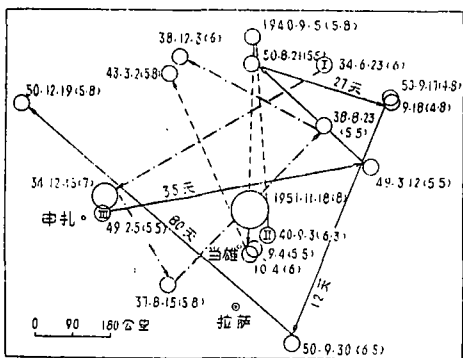


图9 当雄8.0级地震前的信号震迁移所显示的空区

Fig. 9 Signal earthquakes and seismic gap shown by them before Dangxiong earthquake ($M=8.0$) in 1951

从以上例子可以看到，在某些大震之前，在地震发生的周围地区往往出现多次中强地震活动，这些中强地震的迁移路线多次跨越或围绕大地震空区。这一事实表明，大震孕震区内的地壳岩石强度要大于外围地区。因此，大震前的中强震活动先在外围出现并跨越大震震源区迁移。因此，当出现的中强震震中迁移路线反复跨越某一地区时，则认为该地区可能是未来大震的危险区。用这种方法确定地震危险区往往需要经历较长的时间。

以上是由两类信号性地震来判别未来地震发生地点的探讨。这里需要说明的是，对于第一类信号震，并不是在每个大震前都必然出现的，只有当震源区附近具备构造交汇条件时，才有可能发生第一类信号震。但有时即使具备这种构造条件，也不一定会出现第一类信号震。例如海原地区虽然处于南北构造带和北西构造带的交汇部位，但在1920年海原8.5级

大震前，並沒有出現第一類信號震。我們認為，參與構造交匯的各構造帶上是否會出現第一類信號震，除取決於震源區附近應力大小外，還與受力情況有關。在我國大陸板內發生的一些大地震中，除受水平應力場作用外，還受上地幔垂直力作用，這種上地幔垂直力的作用將改變受力區域岩石的強度，茂木清夫的研究給出了這樣的結果〔3〕，即中等主應力增加時，會增加岩石的強度，其結果可表為

$$\tau = f\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3 + \alpha\sigma_2}{2}\right)$$

式中 α 的值由實驗給出，大約為0.1。

根據我們的研究〔4〕，在大地震前，當上地幔對地殼低部的垂直作用力突然增加時，就會導至上地殼岩石強度的增加，這樣位於垂直力作用範圍內的地殼岩石就不易破裂，這裡的構造帶上的地震活動就會受到抑制。圖10給出了1920年海原8.5級地震前的特大空區。在海原地震前，該空區內所有構造帶上均無中強震活動。這可解釋為由於該區受到大範圍垂直力的作用，而使地震活動受到抑制的結果。

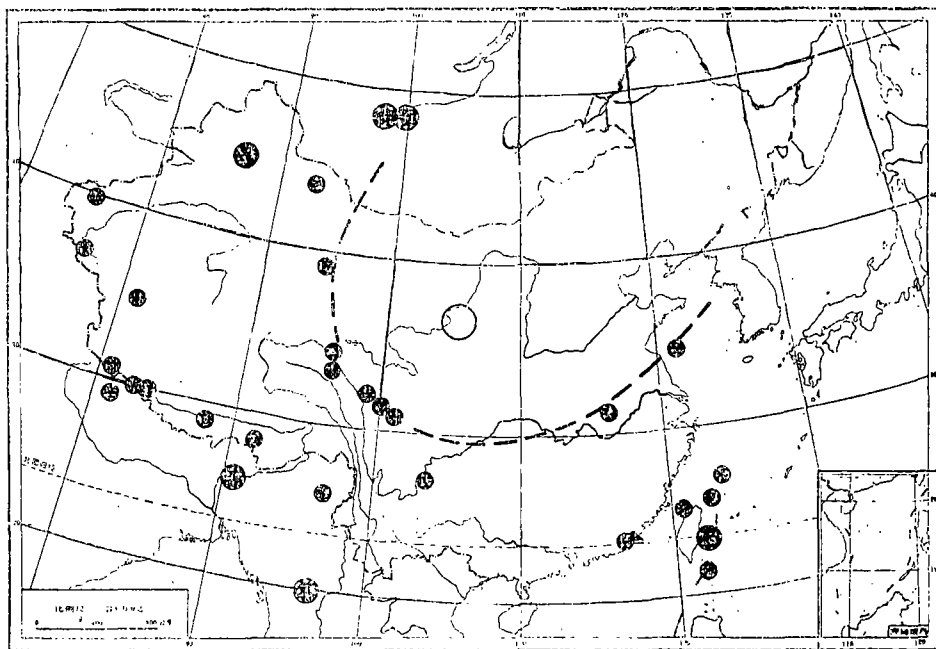


圖10 海原8.5級大震前的空區（1897—1920, $M \geq 6$ ）

Fig.10 Large seismic gap before Haiyuan earthquake in 1920

對於第二類信號震，可能普遍存在於各大地震之前，地震越大，信號震遷移時所跨越的空區越大，地震危險區越容易確定。

三、討 論

前面我們主要介紹了用兩類信號震來確定地震危險區，沒有討論地震發生時間的預測問題。一般說來，對發生地震的時間預報難度更大。由前面的震例我們可以看到，對於具備構

造条件的地区,当第一类信号震出现后,可能预示着几个月或一年左右,在构造交汇区附近可能会发生地震。因此,第一类信号震除对确定危险区有用外,对预报地震发生时间也有一定意义。对于第二类信号震,由于需要经历几次地震活动才能确定危险区,并且每次地震活动高潮后是否就会发生大地震也难以判别,因此用第二类信号震难以估计未来大震的发生时间。但是,如果在第二类信号震的背景上又出现第一类信号震,则可对发震时间作出估计。此外,根据文献〔5〕的结果,我们注意到发生在大地震之前的信号震,其发震时间存在着某种韵律关系,即倍九关系。而较早发生的讯号震这种韵律关系不明显。例如,1927年古浪地震前在北北西构造带上发生两次中强震,一次在4月8日,另一次在5月23日,相隔45天,成倍九关系。唐山地震之前,在4月6日发生和林格尔地震,4月22日发生文安地震,两次地震相隔16天。当雄大震之前,1949年发生两次中强震,其时间间隔为35天,1950年发生四次中强震,其相隔时间分别为27天,80天和12天。松潘地震前的汶川地震和内乡震群发生时间相隔10天。这些事实表明,在临近大震前,中强震发生的时间间隔具有九天韵律的现象比较显著。目前对这种韵律性地震活动的原因还不很清楚,可能是当孕震区地壳岩石接近破裂状态时,只要有某种大范围的周期性的作用力(例如固体潮、大气压力变化、磁暴等)作用到该地区时,就会触发该地区地震的发生,并在发震时间上呈现韵律关系。而对于应力背景值不高的地区,虽然也受到这种周期性外力的作用,但不易发生地震。实际上,在近期地震活动高潮中,除了地震发生时间有一定的韵律性外,地磁等前兆手段及宏观异常也显示了某种韵律特点。因此,可以利用上述这些特点作为地震发生时间预报的参考指标。

(1982年6月10日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕郭增建、秦保燕,甘肃省震中迁移,地球物理学报,1966年,第二期。
- 〔2〕许绍燮,地震预报的地震学方法评述,地震科研进展,中国地震学会编,1981年。
- 〔3〕K. Mogi, Effect of the intermediate principal stress on rock failure, J. G. R., 72, 5117—5131, 1967。
- 〔4〕秦保燕等,大震前震源区的确定与大空区形成的物理机制,西北地震学报,第5卷,第2期,1983年。
- 〔5〕郭增建、秦保燕,倍九法物理机制的研究,地震地质,1981年,第2期。

SIGNAL EARTHQUAKE MIGRATION

Yao Lixun

(*Seismological institute of Lanzhou*)

Abstract

Studying earthquake migration has some significance for the earthquake prediction. In the earlier research, the earthquake migration could only be used in predicting its direction instead of pointing out the earthquake region.

In this paper, the author studied the seismicity before some strong earthquakes in China and found that the earthquake risk region may be determined by using signal earthquake migration. These signal earthquakes may be divided into two kinds: 1. signal earthquakes occurred in the tectonic zones related to the tectonic junction region by large earthquake. 2. signal earthquakes of repeat migration across seismic gap. Using these signal earthquakes we can roughly estimate where the earthquake risk region is.