

地震迁移和破裂发展

中国科学院地质研究所 实验地震研究组

一、前言

全球每年平均发生地震约500万次。这些地震绝大多数分布在巨大构造板块接合处：它们是环太平洋带、地中海-喜马拉雅带、大西洋、北冰洋、印度洋及太平洋东侧的中脊地带以及大陆裂谷系。

中国位于太平洋带和地中海-喜马拉雅带的交接区。东部地区的构造主要受太平洋板块的影响，构造线呈北北东向和近东西向，并断续分布着北西向构造。西部地区的构造主要受印度洋板块的影响，构造线呈北西西向和近东西向。境内断层交错，把中国地壳切割成大小不等、形状各异的块体。我国新构造运动的特征也正是各种形式的断块运动。

我国境内地震活跃，劳动人民自古就开始研究和积累地震知识。据统计，我国有历史记载的 ≥ 7 级的历史强震共有90多次，其中80%以上均发生在规模较大的断裂带上（图1）。南北地震带位于分割中国东西块体的大断裂带上；西藏地震带和台湾地震带则分属地中海-喜马拉雅带和环太平洋带；大多数华北、西北、西南等区的地震也位于次一级断块的边缘^[1-3]。

地震与断裂带间不仅具有密切的空间联系，而且具有密切的成因联系。近年来的研究表明，地震与断层错动时伴生的粘滑、破裂有许多共同之处：破裂时的弹性波辐射场、根据位错理论得到的辐射场与地震时的辐射场有许多共同之处；在各种结构条件下，由破裂产生的震动序列和自然界各种构造背景下的地震序列有许多共同之处；破裂前周围介质中的应变场与地震前兆应变场有许多共同之处；同样，断裂带变动引起应力场的变迁与地震迁移现象之间也有许多共同之处。所有这些，均从不同侧面反复证明地震与破裂现象之间的成因联系。

近年来断裂力学的发展^[4]也为我们研究破裂与地震的成因联系提供了借鉴。断裂力学的观点认为，材料中总是有裂纹和缺陷的，在一定的力学条件下，物体上某些裂纹尖端往往引起应力集中。当此种应力集中程度超过材料的断裂韧性时，该裂纹就获得不稳定发展。裂纹不稳定发展过程中伴随着破裂的扩展，并辐射出弹性波。裂纹不稳定发展所要求的外力比完整材料的强度低得多。因此材料的破裂往往沿着已有裂纹分布。地壳中广泛分布着构造破碎带与各种物性界面，这些都是地壳中的缺陷，地震群集于这些带上是有其力学根源的。

裂纹的方向、大小、几何特点，物性的分布以及应力场情况决定了裂纹易于在那些部位发展以及是否具备发展的条件。研究它将有助于理解地壳中各地震带活跃与平静的时空特点。在介质中裂纹位于统一的应力场中，相互紧密关连。一个裂纹的发展，引起了应

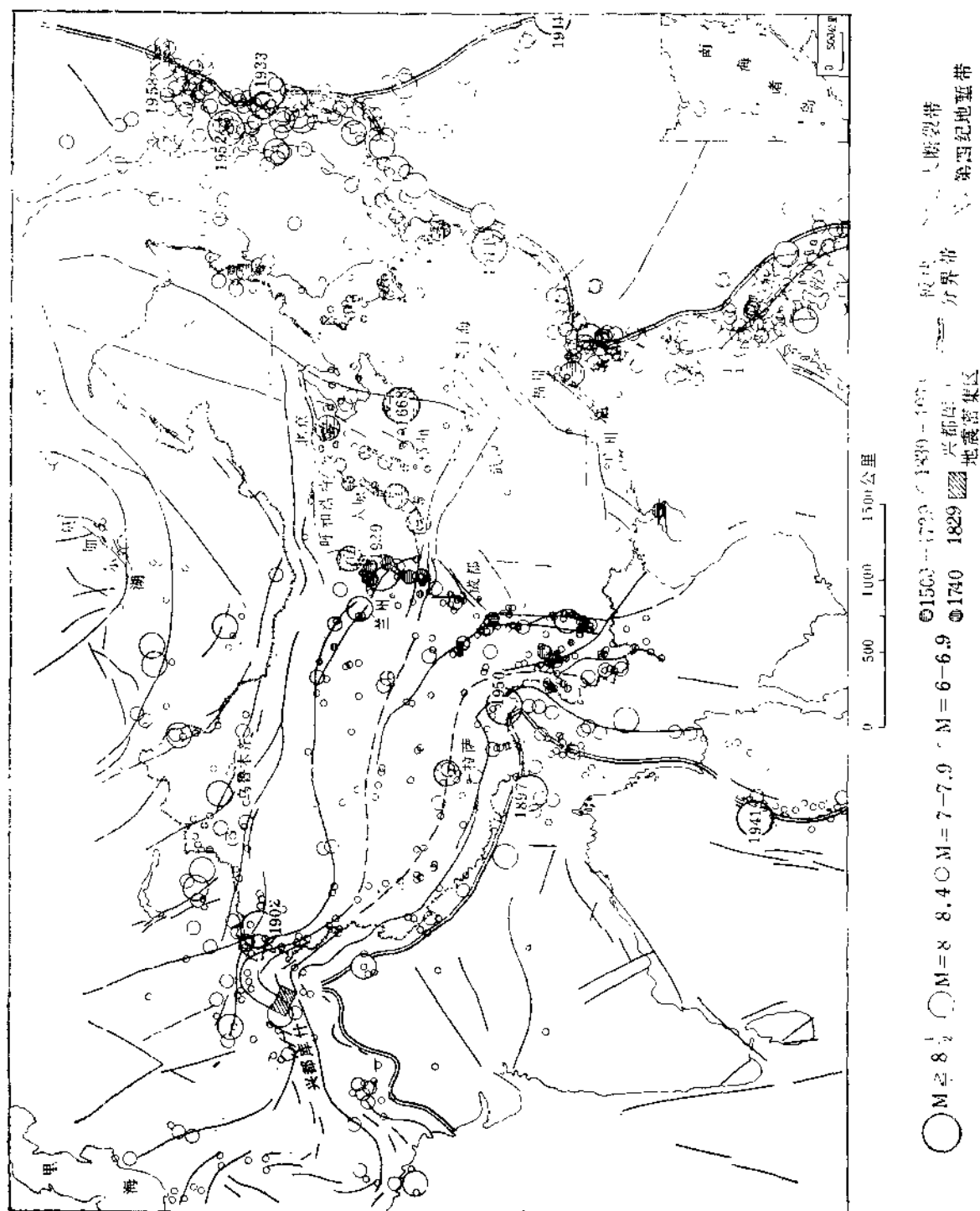


图1 中国及邻近地区震害构造关系图 (1500—1971) (据时振霖等)

力场的变迁,也影响着其它裂纹上的应力分布,以致造成连锁反应。地壳中大小断块连成整体,一个断块的运动牵动了其它断块;一个大地震的发生,牵连了其它地方的地震。研究裂纹之间的发展变迁有助于理解地震迁移的规律,为地震预报服务。关于地震迁移的规律很多作者作了许多工作,都有很多好的想法^[5-8]。本文的目的是想利用具有裂纹的物体中应力场变迁的特点,来讨论地震迁移的规律。

二、地震迁移准则

地震迁移指的是强震按一定空间规律相继发生的现象。在统一的应力场中,有若干应力集中点,当一个应力集中区发生地震,就在该处造成应力的释放。于是,区域应力场就要发生调整和再分配,以达到新的平衡。在调整中一些点上应力更趋集中,另一些点则相应释放,形成新的应力场。地震迁移规律实质上也就是在一定构造背景下应力场的变迁规律。我们认为大地震以及地震序列中的各个地震是按下列三条准则进行迁移:

1. 特定构造部位跳跃迁移准则

我们曾经根据实验指出^[9],易于造成应力集中的构造部位有下列几种,它们是断裂端点、断裂拐点、断裂交汇点、断裂分枝点、断裂错列点等。我们也讨论了它们在什么条件下造成应力集中。只有在这些特定构造部位才能造成应力集中。而且,只有在应力集中的部位才能形成大地震。因此,大地震的迁移往往并不是简单地沿着一个方向连续移动,而是在一些特定的构造部位跳跃迁移。这些构造部位就是上述那些应力易于集中的部位。我们把这种规律称之为特定构造部位跳跃迁移准则。

2. 耗能最小准则

在一个区域内应力集中点很多,地震迁移看来是按耗能最小准则的。下面,我们拟首先用一些简单实验的结果来讨论这条准则。

取一环氧树脂板,刻上一条裂缝,加以压力(图2·1)。在双偏光镜下可以看到裂缝

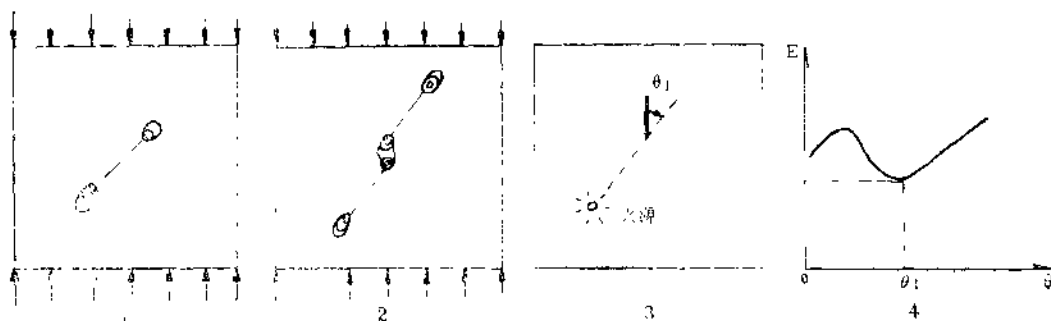


图2 标本受力后的应力场、破裂迹线及 E 与 θ 关系图

1,2 环氧树脂标本受力后的剪应力场; 3 玻璃破裂迹线;

4 裂纹扩展克服势垒所需能量 E 与裂纹扩展方向 θ 关系图

端部产生了应力集中区。对于均匀各向同性的物质来说, 裂缝必然会沿应力集中区进一步发展。这在现实材料的破裂中很易得到证明。如取一块玻璃板, 中间划一条裂纹, 对裂纹进行敲击(或用火烤其端点), 裂纹就会沿着烘烤的轨迹发展, 这样的发展消耗最少的能量。

在环氧树脂板上刻上错列的双缝, 再加以压力(图 2·2)。在双偏光镜下可以见到错列区附近, 两个裂缝端点的应力集中区自然地连结起来, 造成比其它两个端点更大的应力集中区。对于均匀各向同性的介质来说, 这两条裂缝首先就会连结起来。这在现实破裂中也易得到证明。如在玻璃上制造一条裂纹, 用火烘烤其附近的任意点(图 2·3), 裂纹就会由其端点开始发展, 并与烘烤点连结起来。因为在附近没有别的应力集中点的条件下, 相近应力集中点的联结消耗能量最小。

地壳中分布着大小不等, 强弱不同的界面。在这种情况下, 地震的迁移就与很多因素有关。概括起来, 我们可以假设在一无限介质中, 有一条易于发展的裂纹, 如果沿某一方向发展, 克服势垒所需能量最小, 则裂纹就沿该方向伸展。假设 E 是裂纹发展时克服势垒所需的能量, θ 是裂纹伸展的方向, 则 E 是 θ 的函数:

$$E = E(\theta)$$

如果当 $\theta = \theta_1$ 时, 能量 E 具有最小值, 则裂纹将沿 θ_1 方向伸展(图 2·4)。 θ_1 是地壳构造几何形状、地壳物质的弹性模量 E 、泊松比 ν 、密度 ρ 等物理参数以及强度 P 的函数, 也是作用于地块上的构造力的函数。所以裂纹的发展将取决于上述诸因素。这就是我们所说的耗能最小准则。

3. 断块间运动平衡准则

地壳中很多断块挤在一起, 每条裂缝(断块的一侧)的运动都会通过断块而影响到另一侧的裂缝。同样, 每个块体(裂缝的一侧)的运动必然通过裂缝而影响到另一个块体。因此, 每一条裂缝的运动都不是孤立的, 它要牵动其它。从上述耗能最小准则出发, 块体周围将相继发展, 以保持块体运动的平衡。因此, 我们加以引伸, 而称之为断块间运动平衡准则。

三、地震迁移类型

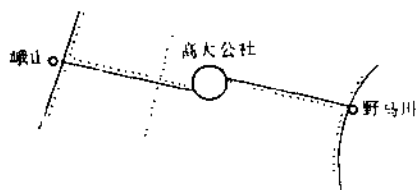
研究地震迁移的方式, 我们认为可归纳为以下几种类型: 1. 单缝单侧或双侧迁移型; 2. 斜向迁移型; 3. 两头跳型; 4. 交错裂缝互迁型; 5. 平行双缝对迁型; 6. 追踪迁移型。

以下分别叙述之。

1. 单缝单侧或双侧迁移型

在一个地震序列中, 较大的余震往往发生在主震的两侧, 并逐渐向外迁移。一些巨大的构造断裂带, 由于它强度较低, 在一定外力作用下, 地震往往沿该断裂带的一侧向另一侧发展迁移。我们称之为单缝单侧或双侧迁移型。1970年1月5日通海发生7 $\frac{1}{2}$ 级地

震。主震发生在北西向曲江断裂错列部位高大公社附近。地震时,沿曲江断裂产生了新的极为强烈的地震断裂。大震后的余震即沿此断裂向两侧发展,向西达到峨山县附近,



○ 主震

..... 余震分布区

图3 通海地震主震及余震分布示意图

向东发展到野马川附近(图3)。1966年3月邢台发生强烈地震(图5)。物探资料表明,地震带处于华北地台隆尧凸起上的北北东向的束鹿地堑上。3月6日在其中部发生较大的前震。3月8日在其南部发生6.8级地震,3月22日又在其北部发生7.2和6.8级地震。在3月26日又在更北部发生6.5级地震。地震依次向两侧发展,南至任县,北至束鹿。

通海地震与邢台地震的两侧发展证明,在主震时断层上形成了裂隙,在力的继续作用下,裂隙

两端由于应力集中,而迅速向两侧发展。这与前面所讨论的实验结果是一致的。

在一些大构造带上,大地震也符合单侧或双侧发展的规律。在南北地震带上有这种情况,在地中海带和环太平洋带也有类似的情况。巴特(M. Bath)茂木清夫(K. Mogi)^[7,8]等都讨论过这些地区的迁移现象。如1962年8月至9月6级以上地震沿地中海带由西向东迁移,1939年至1953年,土耳其北部安纳托利亚 ≥ 7 级地震都由东向西迁移。

2. 斜向迁移型

在一些地震序列中,主震虽发生在区域构造线上,但余震排列方向与主构造线斜交,它属于次一级构造。这种余震有些分布在压出象限,但其排列方向与挤压轴垂直;有的在压入象限,排列方向与张力轴垂直;还有些余震的排列与构造线正交。这种地震往往集中在一个较小的范围内,迁移距离不长。地震属主震余震型,而且衰减比较快。我们称

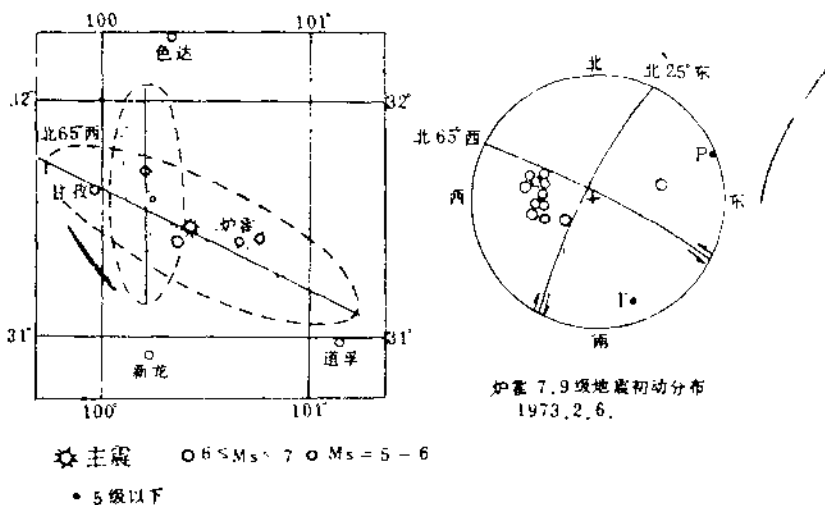


图4 炉霍地震震中分布及震源机制解
(据成都地震大队)

之为斜向迁移型。

我们认为,它是沿区域构造线错动时造成的次一级构造。在剪切错动时,一些特殊构造部位如构造交会点、拐点等附近往往产生局部应力集中,引起主震。主震发生后,在该点附近的次一级构造上也产生断裂错动。与之伴生的余震就从分枝点向外迁移。这种地震迁移方式主要发生在一个地震序列中。它之所以具有衰减快、范围小等特点是因为它们属次一级构造分枝点,而且延伸方向往往与压力轴垂直,而垂直挤压方向的裂缝是不易扩展的。

此类例子颇多,仅举两例说明。1973 年 2 月 6 日炉霍地震发生在走向北西 65° 的鲜水河断裂上(图 4)。余震排列方向有二,其一沿鲜水河断裂,另一沿南北向分布。二者方向不同,地震机制也不同。二带之间夹角为 65° ,所以南北向余震带属压扭性方向,地震衰减快,为主震余震型。1975 年 2 月 4 日海城地震位于郯城芦江断裂带东侧北北东向构造带上。余震排列主要不沿北北东向构造,而向北西西方向迁移,地震范围也小,属主震余震型。

3. 两头跳型与交错裂缝互迁型

在某一段时间中,有时出现地震在一定范围内往返迁移的现象。我们称这种迁移类型为两头跳型。当地震沿不同构造方向互相迁移时,我们称之为交错裂缝互迁型。此二类都出现在具有两组或两组以上构造背景的区域,故放在一起进行讨论。为了说明这两种迁移类型的情况,我们先把 1966 年 3 月邢台地震带的发生发展作一介绍^[10]:

邢台地震带发生在北北东向的束鹿地堑中,地震序列为震群型。从 1966 年 3 月至 1967 年 2 月共发生大小地震约 5 千次。追索地震带的发生发展过程,可认为该区不仅有一束北北东向的断层发育,而且有几条与之斜交的北西向断裂。6 级以上大震属单缝双侧迁移型。仔细研究地震序列的全过程,却显示了两组构造线互相联系、互相制约的关系(图 5)¹⁾。主震带在 3 月 6 日发生 5.3 级前震后,3 月 8 日向南在马兰附近发生 6.8 级地震。此后 11 天内共发生 4—6 级地震十余次。它们在马兰附近排列成一个北西西的地震带,只有少数落在北东东主震带上。小于 4 级的地震则往返徘徊于 3 月 8 日形成的北西西带与东汪、毕家庄间。在后两个地点,于 3 月 22 日发生了 6.8 级和 7 级地震各一次。22—23 日间共发生 4—6 级地震 40 次左右,它们在东汪、毕家庄附近又产生了一个新的北西西向地震带。同时,在东汪西部宁晋一带产生一条北北东向地震带。较小的地震又往返于 3 月 22 日北西西带和任县之间。3 月 26 日又发生了 6.5 级地震,使地震带又向北发展到百尺口附近。自此,地震就在南至任县东西构造带,北抵束鹿东西构造带间往返迁移达数年之久。在较大地震的往返迁移中,往往在早期构造交会点上发生一些小震。所以,根据这些交会点上中小地震活动情况,往往可以判断较大地震的动向。

为了解上述现象,我们做了几个简单的实验来加以说明。取一块明胶标本,上面切割三条裂缝(图 6)。其中 I—I' 缝与 II 缝距离较近。加力后,在光弹仪上进行观测。由于 I—I' 裂缝与外力平行,最易发展,又由于它距 II 较近,所以首先在 I 处发生应力集中和破

1) 中国科学院地质研究所构造模拟实验室,“邢台地震带构造总结”,1967 年。

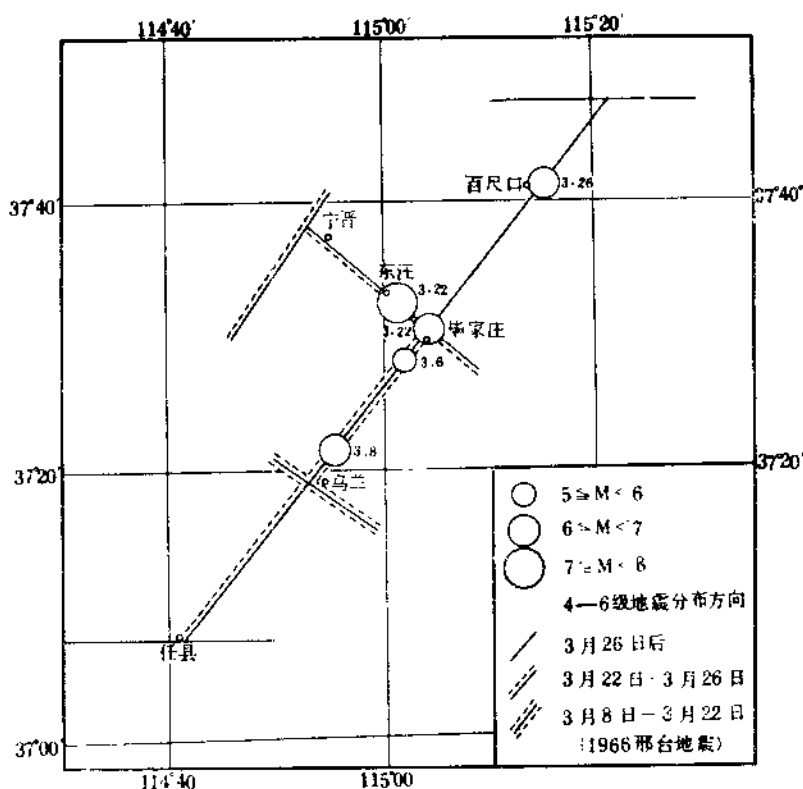


图5 邢台震群中大震位置及地震分布方向

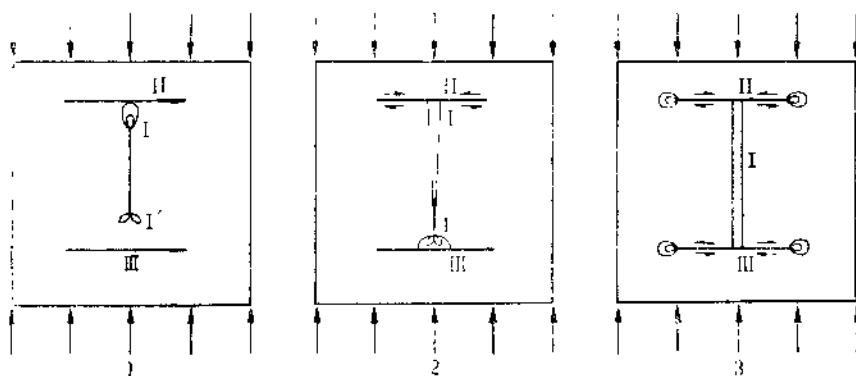


图6 明胶标本中破裂发展与应力分布

裂。I处应力释放后,应力集中到I'端,使I—I'向下发展与III连结。I—I'与II、III连结后被张开,而在II、III外侧受到限制,所以在II、III上产生相对位移,使II、III端部产生应力集中。这个实验说明在此结构条件下应力场变迁的情况。

又如取一块玻璃板,上面刻上裂纹I—I'、II—II'、III—III' (如图7)。当我们在II—II'中某点加以敲击,II—II'便向I—I'发展,以至与I—I'连通。继续在该点敲击,I—I'裂纹也发展成缝,并向两侧扩展。当I—I'与III—III'连通后,这种敲击又可使III—III'向两端发展。这种裂缝发展与上述应力场的变迁是一致的。而这种裂缝发展过程与邢台地震的

发生发展非常类似。

这里需要考虑三种情况：

(1) 在前述实验中，当 II、III 裂缝紧闭，而在 II、III 外侧，I—I' 前进方向上无薄弱面，II、III 的限制力大于 I—I' 的扩展力时，地震就被限制在 II、III 之间两头跳，在不断调整平衡中把能量耗净。如邢台地震后期即属此类，这就是两头跳型。

(2) 当 II、III 裂缝紧闭，在 II、III 外侧 I—I' 前进方向上还存在薄弱面时，破裂 I—I' 就会冲破 II、III 的约束，向前发展。如 3 月 26 日邢台地震带向北发展就冲破毕家庄、东汪北西构造线的约束，这就是单侧迁移型。

(3) 当 II、III 裂缝易于错动，而沿 I—I' 向前发展还有困难时，破裂即可沿 II、III 发展迁移。如 3 月 8 日大震后沿马兰的北西带与 3 月 22 日大震后宁晋附近的北北东带即属此情况。这就是交错裂缝互迁型。

在邢台地震发展的不同阶段，由于主震带及其交会带破裂程度发生变化，所以产生了不同的迁移情况。条件不同，地震迁移类型不同，这正是遵循了地震迁移的三准则。

地震两头跳型迁移方式是很多见的，较大地震迁移时也有此种现象。在南北地震带上，从 1920 年海源 8½ 级地震至 1970 年通海 7.7 级地震中，≥ 7 级的地震基本是由北向南迁移的。但是，其中从 1933 年迭溪 7½ 级地震与 1955 年康定 7½ 级地震间有 7 次 6 级以上地震在其附近往返跳跃（图 8·2）。

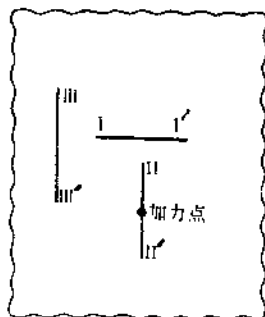


图 7 实验前在玻璃上预制的裂纹

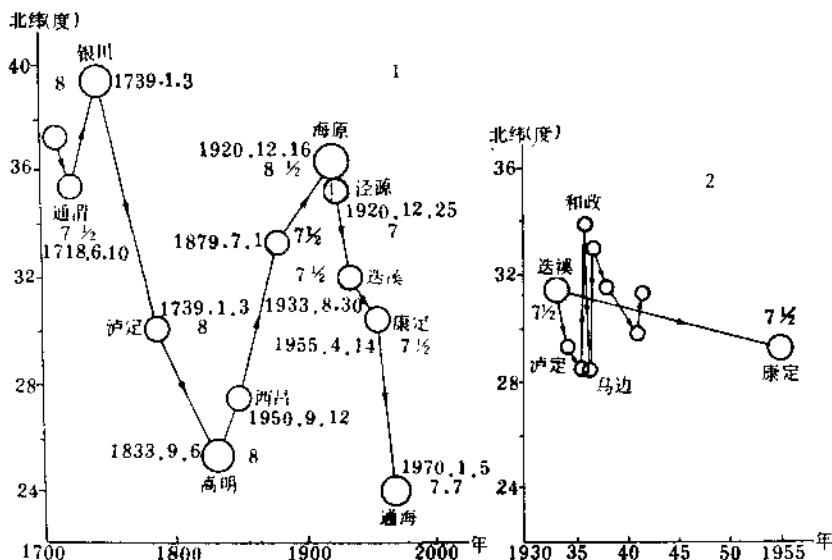


图 8 南北地震带上地震迁移图
(据成都地震大队)

南北地震带北抵阴山东西构造带，南至红河北西向构造带。≥ 7 级的大震在 1739 至 1970 年间发生三次反向迁移（图 8·1）。这种大规模的反复迁移不只说明了两端构造线的限制作用，也说明断块运动方式的变化。

一些地震的前震也有两头跳现象,如西吉地震、渤海地震以及海城地震前两组交叉断层两侧均有中小地震,最后在中间交会处发生大震。这种两头跳与大震后出现的两头跳是不同的。二者的区别在于震后两头跳时中小地震往往是顺序地由一侧向另一侧发展,而震前两头跳则是由两端跳跃迁移,逐渐向中间发展。

除邢台地震序列属交错裂缝互迁型外,不少大地震的迁移也反映了不同方向断裂间互相牵制的关系。南北地震带北部与一系列走向北西西的区域构造线交会。南北地震带的活动往往牵动北西西向构造。1920年海源 $8\frac{1}{2}$ 级地震后就引起了北西西构造带上出现一系列地震,1923年炉霍($7\frac{1}{2}$ 级)、1925年大理(7级)以及1927年古浪(8级)地震就与这种牵动有关(图9)。这三组北西西向构造先后活动说明了同类型裂缝在相同外力作用下相互关联的现象。

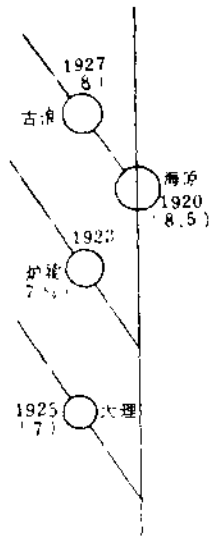


图9 南北地震带对北西西向构造的牵动

5. 平行双缝对迁型

断块两侧的裂缝在一侧发生断裂错动后,另一侧也要产生相应的调整,于是两侧地震之间产生对迁的型式。在对迁过程中,块体不

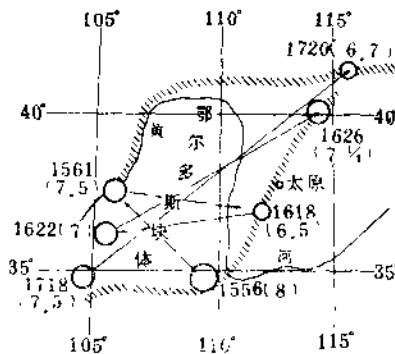


图10 鄂尔多斯块两侧地震的对迁(据兰州地震大队)

鄂尔多斯块体	
东西两侧的跃迁	
东侧	西侧
1556(8)	1561(7.5)
1618(6.5)	1622(7)
1626(7.5)	1718(7.5)
1720(6.7)	1718(7.5)

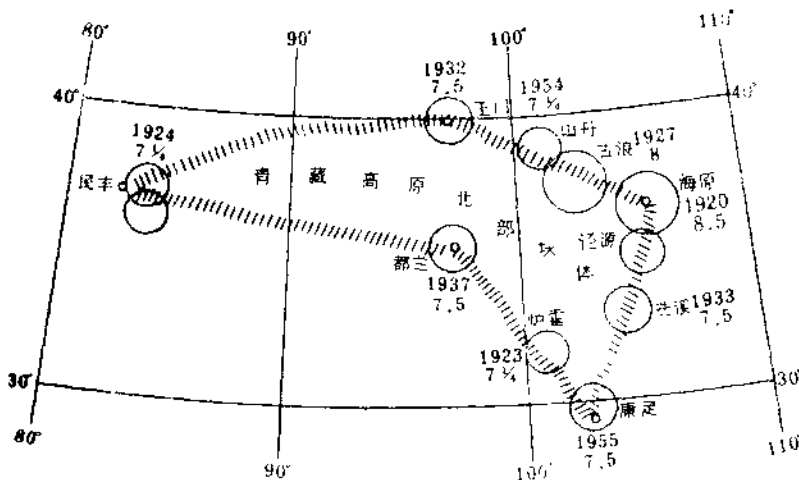


图11 青藏高原块体两侧地震的对迁(据兰州地震大队)

青藏高原块体南北两侧的跃迁	
北侧	南侧
1920(8.5)	1923(7.5)
1927(8)	1924(7.5)
1932(7.5)	1937(7.5)
1954(7.5)	1955(7.5)

断取得平衡。

我国鄂尔多斯地块东侧是山西地震带,西侧是南北地震带。从 1556 年至 1718 年,不到 200 年间就先后发生四次对迁。两侧发震的时间间隔为 2—5 年(图 10)。1920 年海源大震后,在其附近地震达到高潮。在藏北地块两侧北西西向断裂带上,地震也发生对迁。35 年中发生四次对迁,两侧发震的时间间隔为 1—5 年(图 11)。

1650—1700 年是华北地震第 III 活动期中最强烈活动时期。不到 50 年发生 ≥ 8 级地震三次: 1668 年临沂 8 $\frac{1}{2}$ 地震、1679 年三河 8 级地震及 1695 临汾 8 级地震(图 1)。它们均发生在北北东向构造与北西向或东西构造的交汇区或转折部位。这一方面反映了块体的平衡调整,也反映了同方向缺陷在统一外力作用下的相互迁移。

这种对迁型式在较小地震带中也常发生,如石屏建水与曲江断裂间、鲜水河断裂与乳河断裂间都有类似的迁移现象。这说明断块不论大小,其运动都由共同的原理决定。由此推广,全球大型构造接缝带也会有此种规律。看来,我国台湾地震带与南北地震带、西北区地震之间所以有一定的相关性,均与此规律有关。

6. 追踪迁移型

泥饼受力首先出现一对共轭剪切裂缝系,进一步受力,就产生了张裂缝。这种张裂缝往往牵就已有剪切裂缝而曲折地发展(图 12)。李四光同志称此为追踪张裂缝¹⁾,我们沿用这个名词来说明地震曲折迁移的现象。显然,这种裂缝的发展实际上还是遵循耗能最小原则的。

华北地块,东濒太平洋,受太平洋板块影响甚大。在中新生代产生了大量北北东向和近东西向的盆地系统^[1],如山西汾渭地堑、华北及辽宁地区侏罗白垩系的盆地等。这些盆地的特点是窄而长,各时期沉积厚度不均匀,往往是一时此侧偏厚,一时彼侧偏厚。这些特点说明这些盆地是断层带上下反复错动的产物。断层带反复错动反映了华北地块受到太平洋板块挤压和拉张的交替作用。华北地区位于俯冲带上盘,可以认为当太平洋俯冲加剧时,华北地块受到南南东的张力。反之,当太平洋板块俯冲减缓时,华北板块受到南南东向的压力。这种交替活动的情况在地震活动上亦应有所反应。

华北地震有史记载以来有四个大的活动高潮期(1011—1076、1290—1368、1484—1730、1912—现在),其中又可分若干活动段。这些高潮期的变迁也伴随了地震迁移特点的变迁。

首先从最近的地震活动段分析起(图 13),1966 年邢台发生大震,继而 1967 年在河间(6.7 级)、1969 年在渤海(7.4 级)、1975 年又在海城(7.3 级)先后发震。究其地震迁移的方向,可以看出它是追踪北北东向和东西向而发展的追踪张裂缝。北西南东向的张力是最有利于此种迁移。这几个地震的震源机制解也恰好反映了南南东向的张力作用(图 13)。这种沿北东向的迁移从 1830 年至现在已发生了几次(图 14)。相反,当太平洋板块

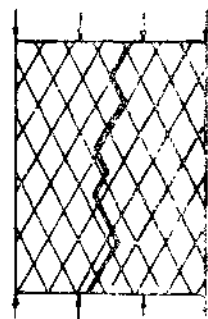


图 12 泥饼受力后产生的共轭剪切节理

1) 李四光,地质力学概论,地质力学研究所,1972。

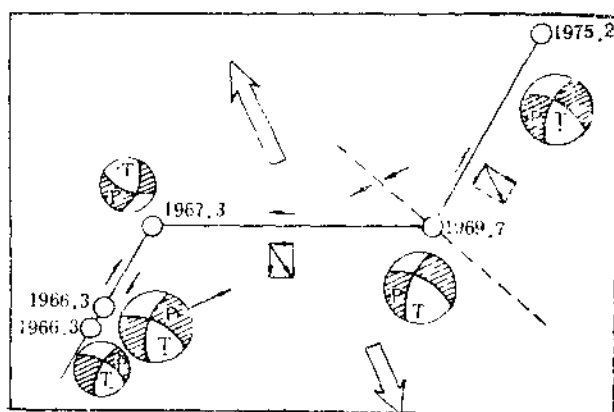


图 13 1966 年以来华北大震震源机制及发震的力学条件

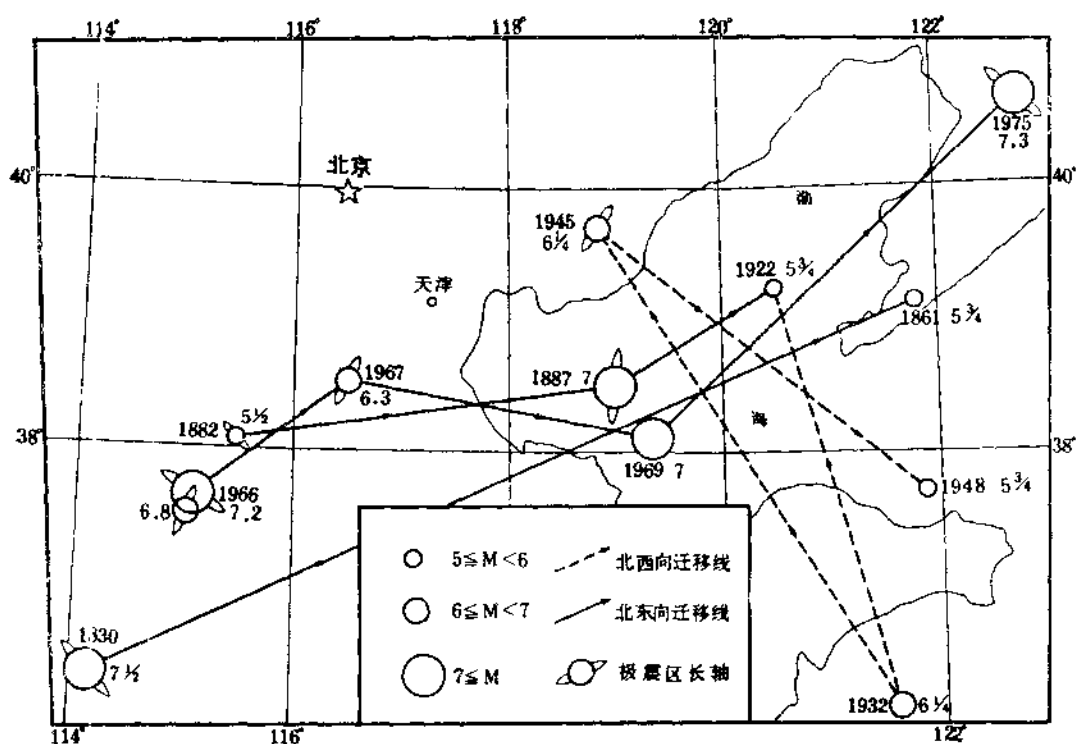


图 14 华北地区 1830—1975 年地震迁移图

在华北地区造成北北西向挤压效应时,情况又该如何呢?追索以往历史发现 1484—1730 年期间 6 级以上地震沿北西向迁移为主(图 15)。

值得指出的是在 1484—1730 年期间,一些地震是沿北东向和东西向迁移的。同样,在 1830 年至现在这段时期中,大部分地震沿北东向迁移,但 1922—1948 年时间段中,地震却沿北西向迁移。看来,地质上的分析与地震的分析得到了呼应。它也进一步说明了太平洋板块对华北地区确有挤压和拉伸的交替作用。在南南东向的拉伸下北西向构造属

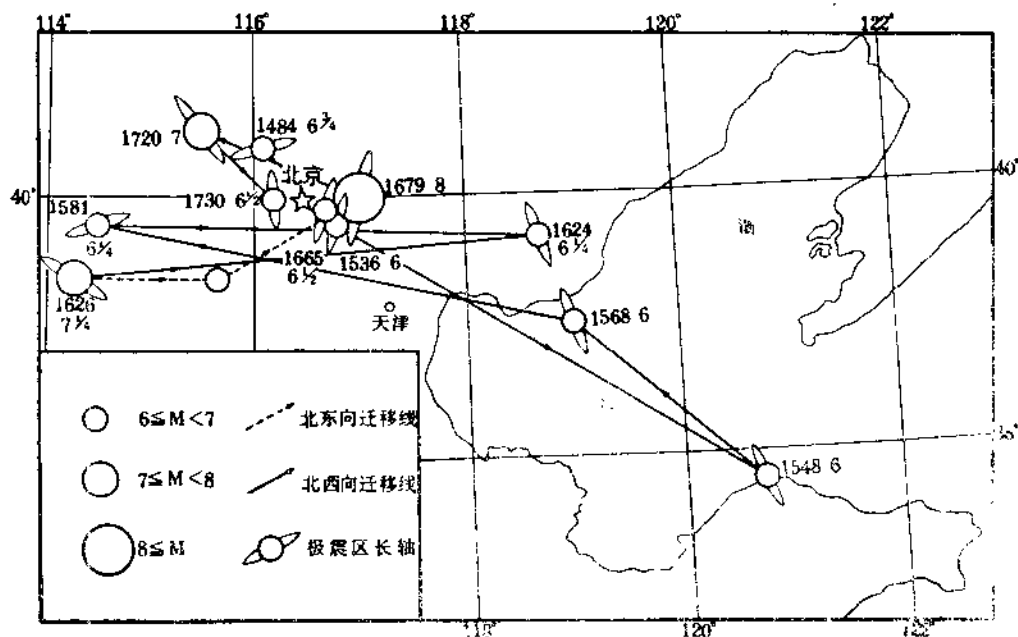


图 15 华北地区 1484—1730 年地震迁移图

压性结构面,所以活动不显著,而北东向属张扭性结构面,所以活动显著。而在南南东向挤压下,北东向是压性结构面,活动不显著,而北西向是张扭性结构面,所以活动显著。由此可见,板块运动方式的改变影响了地震迁移方式,而从地震迁移方式的变动中又可探索板块运动的历史。

四、结 语

综上所述,我们认为

1. 地震迁移与一定力学条件下裂缝系的破裂发展有相似之处;

2. 地震迁移的三项准则是:

(1) 特定构造部位跳跃迁移准则;

(2) 耗能最小迁移准则;

(3) 断块间运动平衡准则。

3. 就目前资料可见地震迁移有六种类型。不同条件下地震迁移类型不同。这里需要考虑三个因素:①应力集中程度(它决定了地震的大小,而决定于该处的物性强度)、②裂缝次弱度、③受力条件(决定于断块运动的方式、方向和速率)。

世界上的事情处于无穷无尽的矛盾变化之中。一个断层带上发生地震就改变了该断裂带的应力状况,改变了它在周围软弱面中的地位和整个软弱介面的布局。而断块运动的方向和速率也是变化的。因此,地震迁移情况也是可以发生变化的,但所遵循的准则是不变的。分析过去的情况,抓住其本质,为分析今后的情况提供借鉴。这类工作无疑对预报大震和强余震是有益的。但为了抓住大震迁移规律尚需深入研究断块运动趋向、抓住构造背景和应力迁移情况。

本文编写过程中葛碧如同志和丁文镜同志提供了很好的批评和建议,在此表示感谢。

(1976年7月2日收到)

参 考 文 献

- [1] 地质所大地构造编图组, 中国大地构造基本特征及其发展的初步探讨, 地质科学, 1974, 1。
- [2] 时振举等, 我国强震活动和板块构造, 地质科学, 1973, 4。
- [3] 李志义等, 对我国地震地质特点的一些初步认识, 地质科学, 1974, 4。
- [4] J. F. Knott, *Fundamentals of Fracture Mechanics*, London Butterworths, 1973.
- [5] 毛梓坤等, 地震迁移的统计预报, 地质科学, 1973, 4。
- [6] D. Procházková, Migration of Earthquake Foci in Europe. *Pure and Applied Geophysics*, 110 (1973), 2005—2011.
- [7] K. Mogi, Migration of Seismic Activity, *Bull. of the Earthquake Res. Inst.*, 46 (1968), 53—74.
- [8] K. Mogi, Active Periods in the World's Chief Seismic Belts, *Tectonophysics*, 22 (1974), 3—4.
- [9] 叶洪年, 从破裂模拟实验探讨破坏性地震发震条件的一些初步成果, 地质科学, 1973, 1。
- [10] 滕吉文等, 华北平原中部地区深部构造特征及邢台地震(一)、(二), 地球物理学报, 17 (1974), 4, 18 (1975) 3。
- [11] 地质所构造地质研究室, 华北、华南中生代、新生代地质构造发展特征, 科学出版社, 1966。

MIGRATION OF EARTHQUAKES AND THE DEVELOPMENT OF FRACTURES

Experimental Seismology Group, Institute of Geology, Academia Sinica

(Abstract)

Earthquakes are not only associated with faults in their spatial distribution but also migrate from place to place according to certain rules in the course of time. It has been established that the spatial distribution reflects the degree of concentration of tectonic stresses and release of strain energy, while the migration of earthquakes indicates the variation of the tectonic stressfield. In general, the spatial distribution of the earthquakes describes the pattern of relative motion between the faulted-blocks under static condition, while the migration of the earthquakes under dynamic state.

In view of the concentration of tectonic stressfield and its variation, the regularity of earthquake migration and its dynamic state were discussed in connection with the characteristic features of seismic activities in China. By some simple model experiments earthquake migration may be compared with the development of the relevant fractures.