



地震知识

活页文选 8

板块构造与地震

群 力

关于构造运动不同观点的争论

地震与地质构造,特别是断裂构造有十分密切的关系,地震主要受地质构造的控制。然而,地质构造毕竟是现象,不是本质。那么,什么才是本质的东西呢?本质是地壳运动或称构造运动,以及引起构造运动的力。由于人们的社会存在不同,世界观也不同,加上实践经验的局限性,人们对构造运动的认识历来存在着不同的观点,激起了一次又一次的论争。从地质学发展的历史看,可以基本上分为两大派:一派是以垂直运动为主来解释一切构造运动的,称为垂直运动学派;另一派是以水平运动为主来解释一切构造运动的,称为水平运动学派。每大派内部又有各种不同的学说。

冷缩说:这是关于构造运动的第一个假说(1852年)。这种假说认为地球是从太阳分离出来的,它最初是一个灼热的

ACG97/1203-403

火球。由于辐射散热,地球逐渐冷却,体积不断收缩。地球表层最先冷却下来,形成一层硬壳,并与周围的介质达到平衡状态,因而停止收缩;而地壳下面的物体仍然在逐渐冷却收缩。这样就造成地壳与壳下物体之间的“脱离空间”。同时,由于地壳中产生了切线压力,地壳形成褶皱和断裂,还会伴随着火山爆发和地震活动。冷缩说第一次试图解释褶皱山脉的起因,并提出水平运动的观点。但是这个假说不能解释为什么地壳中强烈的褶皱构造只在一定地带出现,而且具有规则的方向性。于是后来有人对这一假说做了重要补充,提出地壳有“刚性”和“柔性”地段之分。当地壳冷却收缩时,“刚性”地段不变;而“柔性”地段则发生褶皱,“柔性”地段象被老虎钳子钳住似地钳制在“刚性”地段之间。冷缩说和许多地质现象相吻合(如长条连续的波状褶皱的存在),所以在十九世纪末期至二十世纪初期,在大地构造理论中一直占据着统治地位。但这种假说还不能解释褶皱作用的周期性。特别是由于放射性元素的发现,人们已计算出,由于放射元素蜕变产生的热能,不仅可以抵消辐射散失的热量,而且还可以有所积聚,于是地质工作者不得不对地壳运动的原因寻求新的解释了。

均衡说: 继冷缩说之后,有人又转而企图用垂直运动解释地壳的构造现象。均衡说(1855年,1892年)就是其中的一种。这种假说着重于地壳均衡代偿作用。所谓均衡代偿,就是在地形高低不等的地区,由于岩层上下密度发生变化,或高山高原的较轻岩层插入地下,而没有发生本来应该发生的重力变化现象。假定地壳漂浮在较致密的、具有粘性的基底上,甲地地壳由于沉积物堆积的重载而下沉,乙地地壳因岩石不断被侵蚀地壳重量减轻而上升,至于褶皱作用则仍保留冷缩说的解释。实际上,在大陆的许多地区,尤其是高山高原地区以及大陆和大洋的某些部分之间,是经常有均衡代偿不足

现象的。而地壳各部分则有一种争取达到均衡的倾向,这种倾向可以引起有关的局部地区发生升降运动。许多地质事实说明,甲地地壳的下沉,并非由于沉积物重载增加的结果,恰恰相反,是由于地壳下沉才为沉积物的堆积创造了条件。此外,均衡代偿所强调是重力同重力场内各地段间经常存在着的不平衡现象这一矛盾和斗争,认为这是构造运动发生的主要矛盾。但是,第一,为什么在重力场的普遍要求下,地壳上许多地段发生了重力异常现象?这种重力异常现象的发生,必然另外有它的内因突破重力场的控制;第二,由于均衡代偿作用产生的运动,只能满足重力场的要求,使有关地段发生相对升降运动,然而根本不能解释水平运动。大量事实证明,地壳不仅有相对升降运动,更重要的还是水平运动。不仅如此,甚至某些地区的相对升降运动也不完全是均衡代偿作用的结果,而是由水平运动派生出来的。

大陆漂移说:根据非洲西海岸和南美洲东海岸在形状方面的相似,以及非洲、印度、澳洲大陆某个历史时期古生物群有相关性等事实,有人提出了大陆漂移说(1912年)。这种假说设想在古生代(距今6—2.25亿年前)地球上只有一整块陆地,称为泛大陆,周围是一片汪洋大海。后来,由于天体潮汐力和地球自转所产生的离心力,使原泛大陆分裂成若干块,就象冰块漂浮在水面上一样,这些花岗质陆块浮在玄武质基底上,逐渐漂移分离。美洲脱离了欧洲和非洲向西移动,越漂越远,在它们之间形成了大西洋。非洲有一半脱离了亚洲,在漂移当中,它的南端沿顺时针方向略有扭动,逐渐与印巴次大陆分离,其间形成了印度洋。南极洲、澳洲则脱离了亚洲和非洲向南移动,而后又彼此分开,形成了今日的南极洲和澳洲。由于大陆漂移,大陆前缘受阻,形成了褶皱山脉,如科迪勒拉山和安底斯山等。大陆漂移说曾轰动一时,后来受到垂直运

动学派的激烈反对，但它所提出的地壳以水平运动为主的事实和观点还是值得考虑的。不过所谓大陆块“大搬家”的说法，则缺乏足够的地质构造依据。

对流说：本世纪初，地球内部物质不断发生对流的设想，曾盛行于一时。于是有人提出对流说（1906年，1928年）。这种假说认为，地壳下面的物质是塑性的，在某些原因的影响下，这些物质的某些部分发生缓慢上升，而另外一些部分相对下降，这样就形成了对流。当上升的部分达到地球表层下面时，就分为两股平流，朝着相反的方向流动，流经一段距离后，再转为下降，回到地球深部。当地球物质上升分为两股平流时，地壳在这里受到张裂作用，于是就沿着某些地方发生大断裂；同时，地壳中受到平流牵引作用的某些部分，则发生大规模的水平运动，产生强烈褶皱，形成巨大山脉。例如，由于太平洋底下物质的平流往东亚大陆方面流动，造成了中国西部和中亚的巨大山脉和高原。这一假说，可以解释我国西南横断山脉的形成，但却无法解释我国东西走向的巨大山脉，如天山、秦岭等的成因，更不能解释构造运动的周期性，而且它是从一种假定出发，而不是以地壳构造事实为依据的。

板 块 构 造

大陆漂移说消声匿迹一个时期后，到了二十世纪五十年代，由于古地磁学的兴起，证明在地质历史中磁极位置是经常变化的，这一事实给大陆漂移说以有力的支持。六十年代以来，海洋研究进展很快，于是在大陆漂移、地幔对流等学说的基础上，先后提出了海底扩张说、转换断层说等，进而发展为板块构造假说。

一、什么叫板块构造

从板块构造假说出发，认为地壳与地幔分界面（莫氏界

面)并不是一个物质成分和状态变化的分界,因为地壳及地幔上面的一层都是比较刚硬的岩石,它们共同组成岩石圈即构造圈,厚度自70—100公里不等。岩石圈下面是软流层。由于海底的分裂,岩石圈随之分为若干块,叫做岩石圈板块,它们在软流层上相对地缓慢移动着。海底的分裂是在海岭中轴那里发生的,那里有一个分裂带,地幔物质以岩浆(玄武质的)形式从分裂带向上溢出,构成新的海底,而原来的海底则向两侧扩张。当海底扩张遇到另一板块时,就从那里俯冲下去,重新插入地幔,并为之同化消失(图1)。由于板块的移动,造成了一系列构造现象,如火山岛弧的形成和地震的活动等等。简言之,岩石圈划分为板块,板块在软流层上移动、生长和消亡,及由此而产生的地质构造现象,统称为板块构造。这种假说认为,板块构造发生的驱动力主要是地幔对流,其中又以热流对流为主,也可能还有重力对流,对此目前尚无一致的看法。

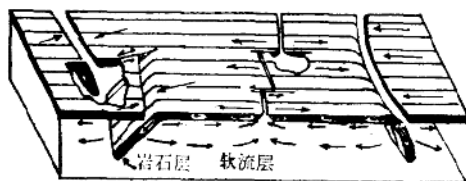
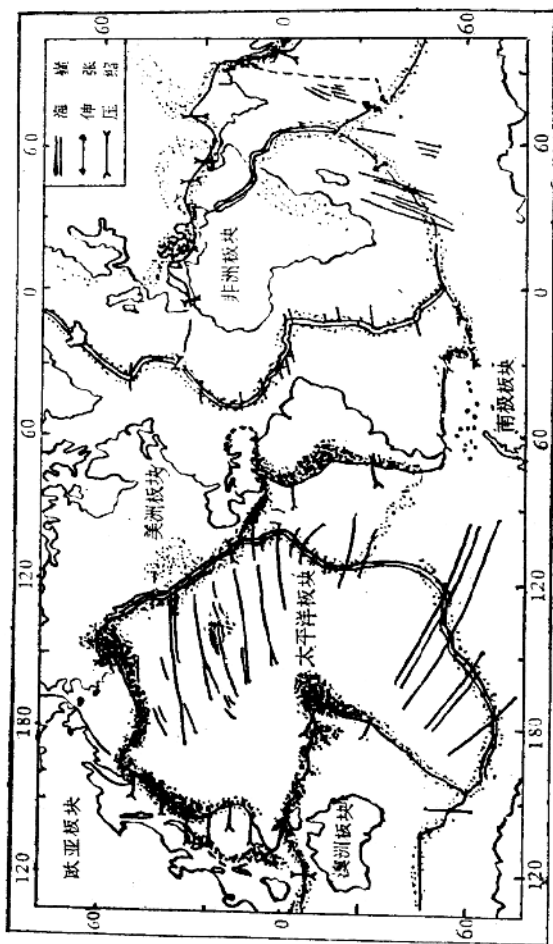


图1 岩石圈板块运动的示意图

二、板块的划分

通常,人们将世界划分为六个板块,即太平洋板块;亚欧板块;印度洋板块(澳洲板块);非洲板块;美洲板块和南极洲板块(图2)。其中太平洋板块基本上全是海洋,其余板块既包括大陆,也包括海洋。后来有人又增划了一些中、小板块。板块分界线的性质是不同的,可以分为四种类型:(1)海岭



(中脊): 大西洋和印度洋中间都有海岭, 又叫做中脊, 是由两条平行的脊峰和中间峡谷构成的。太平洋海岭没有峡谷, 也叫中隆, 它在北美加利福尼亚湾北头中断, 由圣安德烈斯大断裂接替。海岭是板块生长的地方; (2) 转换断层: 上述圣安德烈斯大断裂就是一例, 更多的情况是转换断层分布在大洋中脊(隆)地带。前者将后者切割断错。转换断层貌似平移断层, 实际上是有区别的。如图 3 所示, 海岭 BF、CE 被断错, 沿 BC 两边的切应力方向与简单的平移所产生的切应力方向恰恰相反。可见这是由于海底扩张面转换了性质, 所以叫转换断层。观测表明, 沿转换断层发生的地震只分布在 BC 段上; (3) 深海沟: 环太平洋的岛弧或大陆外洋侧, 常分布着深达七、八千米, 甚至上万米的狭长海沟, 这里是板块消亡的地方;

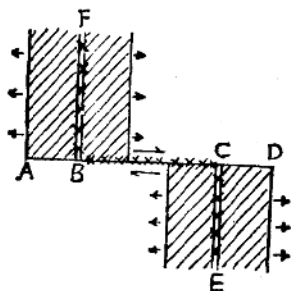


图 3 转换断层

(4) 地缝合线: 存在于亚欧板块与印度洋板块之间。亚欧大陆与印巴次大陆之间原有一个古地中海, 那里洋壳向亚欧大陆南缘的古海沟处俯冲下去, 两个大陆日益接近, 洋壳完全消亡之后, 两陆相撞, 地壳受到挤压, 形成褶皱, 最终造就了巍峨的喜马拉雅山脉, 这里是两大板块的缝合处, 叫地缝合线。

板块内部的地壳, 相对来说是比较稳定的, 而板块与板块交界的地方则比较活动, 常有火山、地震活动, 地壳的断裂、下沉、挤压、褶皱和岩石变质等现象也常常发生在这里。

三、板块的生长和消亡

近年来, 利用地震分析、深海钻探、海底打捞以及实验岩石学等方法对海洋地质进行研究得知, 大洋地壳由三层组

成：最上面的叫层一，是松散或半固结的沉积物，但在中脊附近不存在或只存在极薄的一层层一，越远越厚；中间的叫层二，由玄武岩类构成；最下面的叫层三，包括以橄榄岩或蛇纹岩为主的一些超基性岩。按照板块构造观点，大洋中脊是地幔对流和岩流物质上升的地方。地幔物质以岩流方式自中脊分裂带涌出，冷却固结成为岩石，形成新的大洋壳，形状就象一堵一堵薄而长的岩墙。以后新涌出的岩流又把先前的大洋壳向两侧推移。后浪推前浪，一墙推一墙，大洋壳不断向两侧扩张。大西洋中脊两侧每年相背移动约2厘米，按此推算，五万年就移动一公里。大西洋和南极洲之间的海岭两侧每年相背移动约10厘米，只要一万年就是一公里。这样，离开中脊越近的岩石，年龄越小；相反，年龄越老，并且在分裂带两侧对称地分布。近年来，海底钻探获得的海底扩散、沉积速度、海底地层和年龄等方面的成果，也证实了这一点。岩流自分裂带上升时，地形拱起，所以造成中脊。

当然，大洋壳也不可能无限地扩张下去，当洋壳向两侧扩张遇到另一板块时，它就俯冲下去，进入地幔之中，并逐渐为地幔所同化而消失。这个地带叫俯冲带或消亡带。由于俯冲和洋壳的拖拽作用，产生了深海沟和一系列的地质现象，如火山岛弧、褶皱山脉和岩层变质带，以及混杂堆积的形成等等，而地震则是俯冲带的一个重要表现。

四、大洋的发展阶段

从板块构造出发，岩石圈、大洋、大陆都不是固定不变的。地幔对流作用不仅在洋底发生，而且也出现在大陆深处。大陆深处的地幔物质向上涌出，陆壳发生破裂，形成规模巨大的裂谷。东非大裂谷就是非洲大陆开始张裂，处于产生新洋壳而两侧地壳将要向外扩张前夕的表现。有人认为，这是大洋地壳发展史中的胚胎期。如果进一步发展，将迎进海水，并开

始向两侧扩张,这就进入洋壳的幼年期,现今的红海和亚丁湾就处于这一阶段。再发开下去,扩张进一步显著,裂开的陆壳就会象船漂浮在水上一样,越漂越远,在陆壳之间产生了大洋。这就是大洋发展的成年期,大西洋恰恰处于成年期。有人计算过,如果海底扩张速率以每年5厘米计算的话,约经过一亿年就可造成一个新的大西洋。从此以后,大洋发展就进入了衰退期,即当洋壳长期扩张遇上另一个板块,例如太平洋板块遇上亚欧板块的大陆边缘时,两个板块之间就产生挤压。太平洋就是一个衰老的大洋。太平洋底最老的岩石(沉积岩)属于侏罗纪(距今1.8—1.35亿年),表明在侏罗纪时,太平洋(西太平洋)已经有较为广阔的海底存在了。现今的地中海则代表大洋发展的终了期,它是广阔的古地中海经过长期演化后残留下来的海洋。这里发生的活动主要是挤压和上升,不再有扩张了。这就是大洋地壳发展的五个阶段。现今的喜马拉雅山处于亚欧板块和印度洋板块之间,有人认为它的构造位置原来属于印度板块的北缘。由于两大板块碰撞,印度洋板块向亚欧板块俯冲,地壳受到挤压,古地中海海槽及其沉积物被挤压褶皱成山,使两个板块被“缝合”起来,喜马拉雅山是地缝合线的代表,又是大洋壳发展终了的遗迹。

有人把岩石圈板块在软流层上的相对移动,比喻为机器上的传递带,它川流不息地运动着,使海洋地壳不断地进行新陈代谢,大约2—3亿年就可能完全更新一次。

板块构造假说是六十年代以来海洋方面研究突飞猛进的直接结果。它得到了海洋学领域中地球物理、地貌、地质、探测技术以及人造卫星遥测技术、电子计算技术等方面研究成果或多或少的支持和论证。其中最主要的是古地磁的发现,各个地块中古地磁极在各地质时期的迁移轨迹是不一样的,而且地质时代越老各个地块中古地磁极的相对位置相离越

远,如果地磁场一向是一个偶极场,那就只能表明这几个地块的相对位置在地质历史中同现在不一样,即大陆正在漂移。自二迭纪(距今 2.7—2.28 亿年)以来,最大相对位移超过 90° ,相当于每年位移 4 厘米。海底地磁异常分布的研究结果表明,大洋中脊两侧的正负磁异常区呈条带状,它们与大洋中脊的走向平行,两侧对称分布。这同地质历史中的地磁转向磁极(有时正向,有时反向)有关,说明海底在扩张过程中,地球磁场的变化已被不断增长的大洋壳的岩石记录下来了,每一磁异常条带都代表海底扩张的一定时期。如果我们知道地球磁场变化的历史,则根据磁异常条带的时代就可以计算出海底的扩张速率了。海底磁异常条带的断错位移,则从另一个侧面说明了转换断层的存在。大量的地质资料也为板块学说的建立提供了证据。无论是中脊、转换断层、海沟或地缝合线,所有这些板块的分界处都是地震活动频繁的地带。有人曾研究了地中海的震中分布,根据一百次断层面的分析指出,非洲板块、亚欧板块和阿拉伯板块之间有相对活动,并且划分出了爱琴板块和土耳其板块。海洋地质也为板块学说提出了不少论据,比较有说服力的是六十年代末和七十年代初海底钻探获得的,关于海底扩散及油气显示等方面的大量资料,其中如海底年龄自海岭向两侧依次变老的事实,有力地支持了海底扩张论。

板块构造也遇到了不少反对意见,有人对古地磁论证有怀疑;有人认为,板块构造说虽对大洋壳的生长和发展历史作了详尽的论述,但是能否解释大陆构造还是一个问题;还有人认为,人们对地幔的认识是属于推断性质的,关于地幔物质对流的设想并没有得到正面的直接证据,如果地流真的不存在,那末板块运动的动力就没有根据了。

恩格斯指出:“只要自然科学在思维着,它的发展形式就

是假说。一个新的事实被观察到了，它使得过去用来说明和它同类的事实的方式不中用了。从这一瞬间起，就需要新的说明方式了——它最初仅仅以有限的数量的事实和观察为基础。进一步的观察材料会使这些假说纯化，取消一些，修正一些，直到最后纯粹地构成定律”。我们相信，人类对构造运动的认识是能够逐步趋于完善的。

板块构造和地震

一、世界的板块构造和地震

环太平洋带的深海沟附近，浅、中、深源地震一应俱全，并且大致作有规律的分布。浅源地震在深海沟附近，中源地震分布在岛弧内侧或大陆海岸一带，深源地震则深入岛弧内侧或大陆中部。三者在地面以下形成一近于 $45^\circ \pm 10^\circ$ 的倾斜带，向远离大洋的一方倾斜下去，这就是俯冲带。浅、中、深源地震同时出现在一个区域时，震源排列成大致为 45° 的倾斜带，这一现象早在二十多年前就发现了，但明确地指出这是大洋壳俯冲下去进入地幔的具体表现，则不过是六十年代初的事。俯冲下去的洋壳达到 720 公里深处，即完全被地幔同化，这就是震源深度不可能超过 720 公里的原因。

洋壳俯冲是引起地震的直接原因。有人认为，当一个板块的洋壳边缘和另一个板块的陆块边缘相遇，洋壳俯冲下去，构成 45° 左右的倾斜

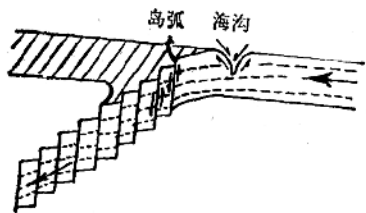


图 4 俯冲带的垂直剪切断层

带，一旦垂直面上的剪切力达到一定强度时，就产生一个剪切垂直断层，因而发生一次地震。俯冲过程中多次产生断层，

也就多次发生地震，俯冲带就被一系列断层切割成许多直立的地段(图4)。有人又补充提出，洋壳俯冲下去时，在岛弧前下陷，当进入岛弧下约30—40公里深处时，就由海沟附近的垂直断层转换为逆断层。

世界震中主要集中分布在环太平洋地震带和地中海—南亚地震带及大西洋中脊，这一现象恰好反映了地震受板块接触带控制的关系。1976年，是世界两大地震带的地震活动都很强烈的一年。特别自5月以来，一系列地震，从意大利开始，沿着地中海—南亚带的已知动断层向东迁移，有人认为，这与非洲大陆和印度大陆的向北推移有关。

板块接触带情况不同，震源深度和地震强度也就不同。凡是两个板块背离移动的地方，如大洋中脊，震源就浅，震级也较小。因为那里的新生海底既不硬也不厚。凡是板块相挤撞的地方，如俯冲带，震源深、中、浅一应俱全，地震很频繁。因为那里的岩石圈既厚又硬，受到俯冲时易于积累能量，引起强烈的震动。凡是陆壳相碰的地方，常常发生震源不太深的地震，即中、浅震，因为那里没有“水下板块”，而陆壳又不能俯冲。地震活动频率取决于相邻的两个板块相对运动的平均速度。在北美加利福尼亚洲，沿圣安德烈斯断裂两侧的板块，平均相对移动速度为2厘米/年(也有人认为是6厘米/年)，那里的地震频率和强度都较大；而在意大利，由于非洲板块向北移动的平均速度为1厘米/年，那里地震的频率和强度就都较低。

二、中国的板块构造与地震

近年来，有人根据板块构造观点研究我国的地质构造现象，根据地质、地震及古地磁的一些资料进行分析，推测出可能存在的地缝合线，并试图用以解决找矿和地震预报问题。

应当指出，板块分界线类型是不同的，其不同的发展阶段具有不同的特征。更重要的是，主要以地质历史上近期(中

生代特别是新生代以来,即两亿多年特别是七千万年以来)的地质事实和海洋地质构造及地球物理资料为基础建立起来的板块构造学说,能不能把这一观点引用到大陆地质构造中来,又能不能追溯到中生代以前的地质历史中去,这些方面都还存在着不少问题。

目前认为属于或可能属于板块分界的地带主要有以下几个带,这些地带都同地震活动有密切的关系。

台湾海岸带: 位于亚欧板块东南隅大陆边缘,同太平洋板块邻近。研究板块构造的人都认为这是两个板块的接触带。台湾东部的中央山脉与海岸山脉之间有一条纵谷,长达150公里,被认为是一个大断裂。沿这一断裂存在着一个俯冲带,太平洋板块俯冲于亚欧大陆之下。有人认为它发生于中生代,也有人认为它发生于新生代。台湾是我国地震活动很强烈的一个地震带,那里以中源地震为多,说明了地震活动与板块分界线和俯冲带的存在有密切的关系。

北喜马拉雅带(或雅鲁藏布江带): 这也是一个比较公认的两大板块的接触带,而且是两个大陆直接碰撞造成地缝合线的最典型的代表。有人认为,从地质构造上讲,北喜马拉雅山的确切构造位置,不是位于两个板块之间,而是属于南大陆,即印巴次大陆的一部分。根据重力测量结果,那里的地壳厚度是不均匀的,印巴次大陆为30—35公里,喜马拉雅山约55公里,而在雅鲁藏布江河谷一带则厚达70公里。这可能说明,印巴次大陆的地壳厚30—35公里是正常现象;喜马拉雅山厚55公里,是由于巨大的逆掩断层使地壳的硅铝层部分重复而加厚的结果;而雅鲁藏布江河谷厚达70公里,则是由于印巴次大陆向北俯冲使地壳整个重复加厚的结果。喜马拉雅山也是地震带,这里多深震(震源深度一般为70公里左右,个别可达100公里以上),说明这一地震带与板块构造确有密

切的关系。

西昆仑山—北祁连山—秦岭带：沿西昆仑山、北祁连山和秦岭都分布着大断裂带。由于这些断裂带切割很深（有的可达到上地幔），所以叫深（大）断裂带。沿这些断裂带两侧的地质和地球物理特征都具有明显的差异，沿断裂带本身也具有板块接触带的一些地质和地球物理特征。说明这些带的两侧板块曾经相互俯冲，不过俯冲的时代都较为古老罢了，一般在古生代（2 亿多年前），有些可延续到中生代。

地震与现代板块构造的关系比较密切，与古板块构造有没有关系呢？查阅一下我国历史上的地震记载，不难看出，地震与古板块构造也存在一定的关系，不少地震都分布在西昆仑山—北祁连山—秦岭带上。其中重要的有 1920 年海原 8.5 级大地震和西安以北的几个 8 级以上大地震。当然，这些地震绝不是由于大板块互相作用的结果。但是由于古板块缝合线的存在，那里的活动性断裂带仍然在活动，这样就为地震的发生创造了条件。

龙门山及滇西带：沿此带也存在明显的断裂带，而且断裂带两侧的地质特征不同，断裂带本身存在着一些板块缝合线的标志，是一个强烈活动的地震带。

以上几个可能的板块接触带与地震活动的关系是比较明显的，特别是沿这些带上分布的现今还在活动的断裂带，直接控制着地震的分布和发生。然而，在一些板块内部，地震也是活动频繁的，特别是华北地区，近年来地震活动比较强烈。根据板块构造观点，不少人认为这与我国所处的构造位置有关系。我国位于亚欧板块的东南隅，地处亚欧、印度洋、太平洋三大板块的交界处。近年来的一些资料表明，似乎印度洋板块仍在不断地向东北挤压，太平洋板块则向西北或西挤压，这些压力引起的位移和形变一直影响到喜马拉雅以北约三千多公

里的地方,即中亚一带。特别是由于东海海底地壳坚硬,太平洋板块的压力已经有效地传递到大陆地壳,加上印度洋板块向东北方向的压力,致使我国处于应力集中的条件之下。板块移动积累了大量的能量,当能量的积累超过了地壳强度时,就发生断裂或引起原有断裂的重新活动而产生地震。随着地震的发生,急骤地、大量地释放出能量来,而后又开始了重新积累能量的过程。这需要一个相当长的时间,从而形成地震活动的相对平静期。地震活动期和相对平静期交替出现,构成了地震活动的周期性。

地震知识活页文选

地震出版社出版
中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行
1977年3月第一次印刷

书号: 13180·19

定价: 0.03元
