

板内强震构造相关性的研究

蒙 午 阳

(陕西省洋县地震办公室)

摘 要

强震通常发生在运动板块的边界地带,但欧亚板块内部却经常出现八级以上的强震活动。这些特殊的板内强震活动,反映了板内破裂构造的特性。它们同板块运动协调一致,密切相关,为认识板内强震活动规律提供了线索。

一般认为强震活动与板块运动有关。茂木清夫、L.R.赛克斯(L.R.Sykes)等人对全球地震活动的分类做了大量工作。他们把全球地震活动基本划分为板间和板内地震两大类,而板内地震活动又可分为洋型和陆型两类。八级以上强震发生在板间,可是在东亚,特别是我国及邻区却出现了许多特殊情况-八级以上强烈地震发生板内腹地。比如我国西北及蒙古西部就发生了许多八级以上强震。这些特殊的板内大陆型强烈地震活动,常常给人民生命、财产以突然袭击,造成极大的损失。这不能不促使人们加强对它的研究。自然,板块活动如何影响板内大陆型地震的地质环境、应力状态、分布特征以及强震带构造的内在联系和危险区的判定等就成为人们关心的问题。

以青藏高原为中心,中国大陆及邻区为主体的广大区域是典型的板内大陆型地震活动区之一。区内八级以上强震发生的频度不亚于板间区域。从史载八级以上强震的分布来看(图1),主要集中在帕米尔-萨彦岭带、萨彦岭-横断山带、喜马拉雅山带、汾渭带和东部沿海带内。分析强震活动的这种大形势,可以给人这样一种印象:除个别强震带外,大都分布在青藏高原的边缘。这不能不使人们怀疑青藏高原的崛起同强震活动有某种内在联系?通过对地形地貌^[1]、地壳厚度^[2]、构造线展布^[3]、断面力学性质^[4]、地震裂缝^[5]、地震机制解^[6,7]、历史震中分布^[8]等方面的研究,得到这样几点认识:

1.从地貌上看,由喜马拉雅山向北地势逐渐降低,除山间盆地和内陆盆地外,地貌上的陡变带出现在帕米尔-天山-祁连山-横断山-喜马拉雅山一线,外缘地势急速降低。这一线同地壳等厚线的陡变带相对应。

2.主要构造线在喜马拉雅山以北呈向北突出的弧形依次排列。

3.强震带同构造线不十分吻合,特别是帕米尔-萨彦岭和萨彦岭-横断山两条强震带的走向同构造线走向有很大出入。

4.青藏高原的中心区域地震虽然活跃,但还没有大于八级以上的地震发生。

5.古老构造的扭动方式同地震裂缝和位移测量资料不尽一致。

6.高原内断层位移十分可观,比如阿尔金山断裂,却无相应的地震活动。

从这些认识中,不难看出地震同构造之间的复杂性。它提醒人们,在解决强震带构造相关性这样复杂的问题时,眼光还要放大,然后再回过头来对待具体问题。正是这一提醒,才使我们有胆量把板内地震活动的视野扩展到了板间运动,把对喜马拉雅山强震带的认识看作一个突破口。

有人^[4]利用旋转参数计算了三千万年前印度板块初次接近欧亚大陆边缘时的位置。印度板块同欧亚板块碰撞之后,进一步向北运动,使喜马拉雅山脉由海底崛起,青藏高原开始抬升,文献^[4]估

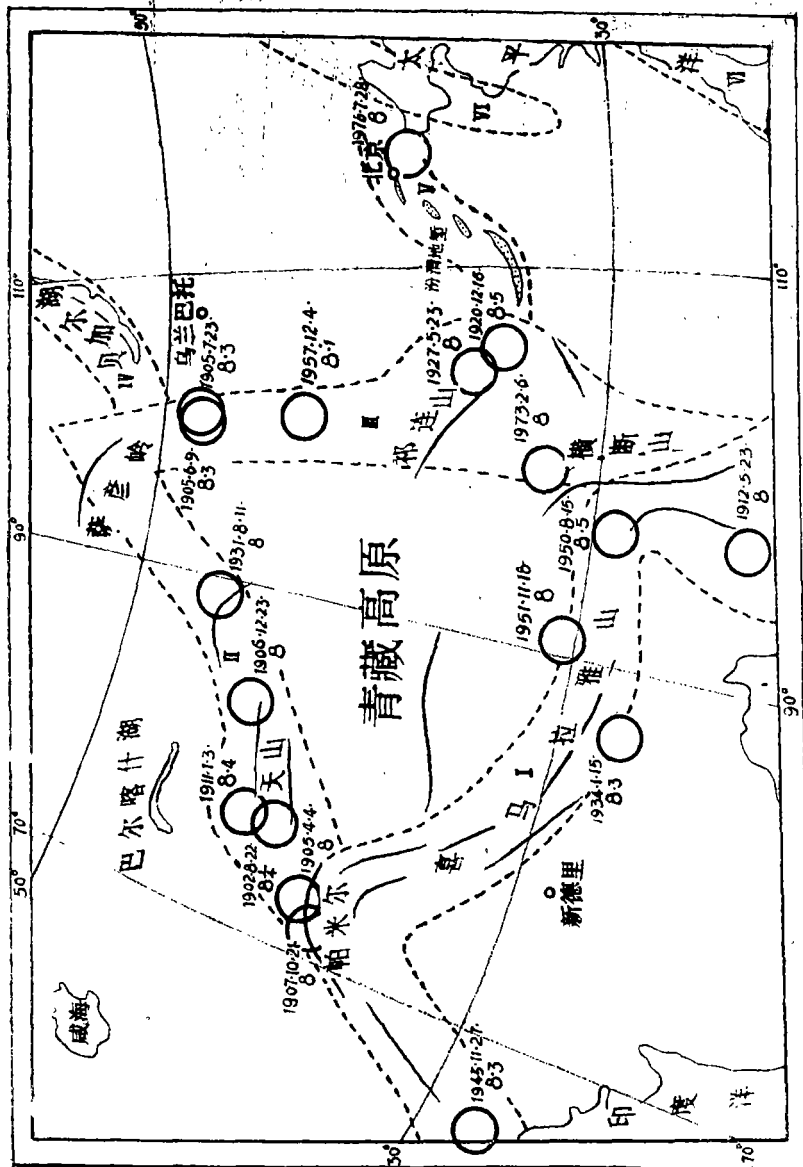


图1 东亚强震带的划分
图中圆圈代表地震，炉霍、唐山地震据李善邦《中国地震》。I喜马拉雅强震带，II帕米尔-萨彦岭强震带，III萨彦岭强震带，IV贝加尔强震带，V祁连山强震带，VI沿海强震带。

计，喜马拉雅山的形成使印度板块的北部被压缩了500—1000公里。在三千万年内，平均每年被压缩20多公分，速度何其惊人！被人们看作弹塑性的地壳，在如此迅速的挤压作用下，更显脆性。在结构岩体变形、破坏与地震前兆关系的实验研究中^[9]，给岩块试件加压常出现这样的情况：在试件上出现×状相交的裂缝，且×相交的锐角指向压力作用方向，并把试件破坏成三角形块体（图2）。显然，在a区的三角块体内，AB边为压缩边，OA边为左旋剪切边，OB为右旋剪切边。如果把AB边看作印度板块同欧亚板块碰撞边界，那么OA边则相当于帕米尔-萨彦岭强震带，OB边则相似于萨彦岭-横断山强震带，即人们所谓的南北地震带。这两条边均属统一应力场中压力作用下有成因联系的剪切边，只是扭动方向不同而已。

相当于帕米尔-萨彦岭带的OA边，总走向为北西40度，长3000余公里，宽约350公里，其间不同

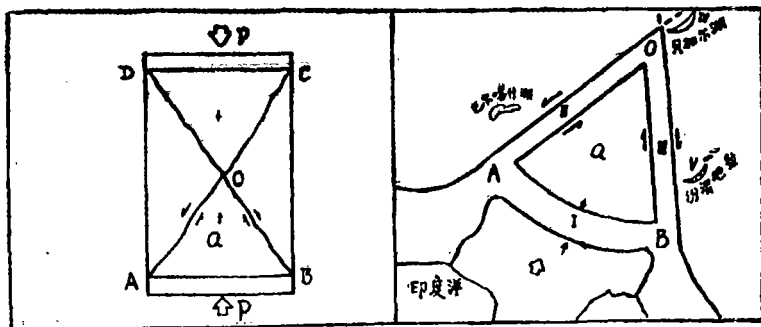


图2 岩石试件的破坏与实际对照图

I、II、III、IV、V、代表强震带，名称同图1。空箭头示作用力方向、小箭头示局部扭曲或挤压

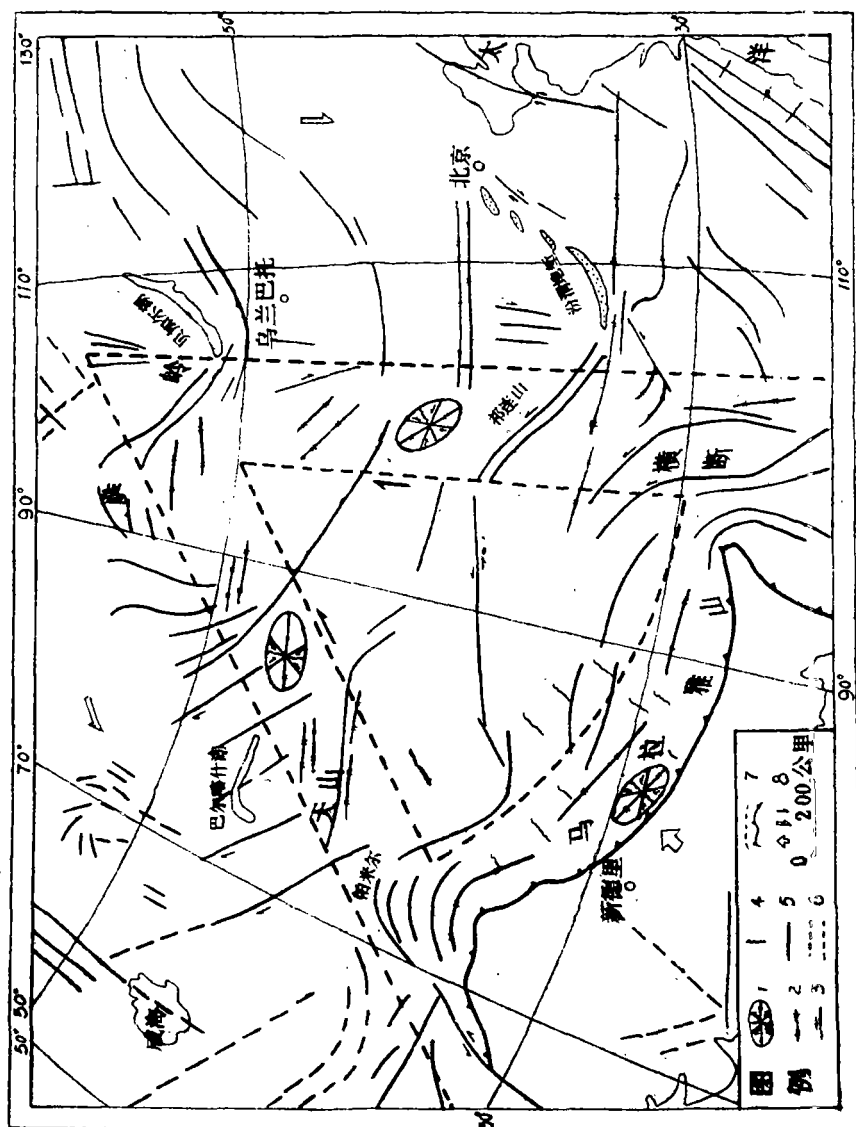


图8 东亚主要构造线与作用力方式图

1. 变形褶皱体；2. 以压为主的断层；3. 以扭为主的断层；4. 张性断层；5. 褶皱；6. 剪切边；
大致范围；7. 压性边大致范围；8. 区域应力作用方向。

走向、不同力学性质的结构面，在左旋扭动下统一起来了（图3）。相似于萨彦岭-横断山（即南北地震带）的OB边，规模同前者相仿，虽然扭动方向同OA边相反，但不同形式的构造形迹也基本得到了统一。

由上述三条强震带所围限的三角形区域，即青藏高原的主体，虽然形变剧烈、断层发育，却没有相应的高强度地震活动，有人称之为“死三角”或“死带”[10]，看来不无道理。这个“死三角”在板块运动中被整体抬升，使得其变形既缓和又活动，既均一又强烈。它不同于三角边的强烈扭切和特殊的差异运动，因而在地震活动程度上也大不一样。

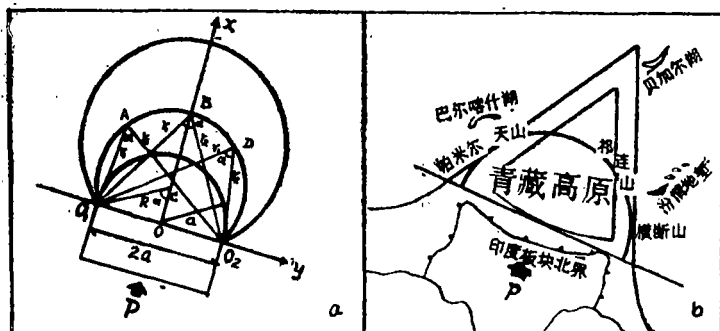


图4 光弹试验中理论应力条纹与实际对照图

另外，在光弹模拟试验中，从理论上讲[11]，如果以垂直于板直边并平分区间 O_1O_2 的线上的一点C为圆心作圆（图4-a），其中的 O_1O_2 是均布载荷的作用区间，那么对于这个圆上的所有各点，例如A、B、C处， γ_1 和 γ_2 之间的角度 α 都是相等的，因为在任何一点处。

$$\tau_{max} = \frac{q_0 \sin \alpha}{\pi h} \quad (1)$$

式中 τ_{max} 为最大剪切应力， q_0 为荷载强度， h 为板厚。由（1）可以看出在给定半径的圆上的剪力为常数，因此，这些圆就代表理论条纹。显然，板内最大的剪切应力发生在 $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 的圆上，并由下式给出

$$(\tau_{max})_{\alpha = \frac{\pi}{2}} = \frac{q_0}{\pi h} \quad (2)$$

α 的这个值是在直径为 O_1O_2 的圆上取得的，其圆心在板边缘上的坐标原点O处。这根条纹或等色线的级数最高，并且其理论形状是半圆。

比较一下相继条纹级数的各圆直径间的比率也是很有意义的。由图4-a可知：

$$\sin \alpha = \frac{a}{R} \quad (3)$$

其中 $2a$ 是载荷作用的区间长度， R 为圆的半径。将（3）代入方程（1），便有

$$\tau_{max} = \frac{q_0 a}{\pi h R} \quad (4)$$

这样，不同圆上的最大剪应力与该圆的半径成反比，即半径为 $2a$ 的圆上的应力或条纹级数是半径为 a 的圆上的应力或条纹级数的一半。这一理论推导得到了实验证实。

如果把印度板块与欧亚板块相碰撞的喜马拉雅山带视为均布载荷作用区间 O_1O_2 ，以印度板块的北部边界为直径向北半圆，那么可以看出这个反映最大剪切应力或最高条纹级数的半圆轨迹，基本通

过了帕米尔-天山-祁连山-祁连山-横断山(图4—b)。半园内囊括了青藏高原的本部和基底稳定的塔里木地块。在帕米尔和横断山地区的地势陡变界线略为外推。这可能反映了青藏高原在隆起过程中所产生的塑变和侧压。这一理论同青藏高原的实际如此吻合,其半园所通过的地貌特征带能否被看作青藏高原的理论边界,很值得商榷。

由图(4—b)还可以看出,八级以上强震也基本发生在反映最大剪切应力的半圆上或其附近,同岩石试验的结果十分相近。相近并非相同,断裂三角形可能反映出本身是印度板块加速运动的产物,由褶皱和断裂组成的地貌差异半圆可能反映出本身是印度板块向北长期挤压作用的产物。前者主要显示了板内运动的脆性结果,后者主要显示了板内运动的塑性结果。由于反映的本质不同,所以在地震活动上也会有不同的显示,然而印度板块和欧亚板块碰撞这一本质的原因,却将两者在同一地区协调和统一起来。

印度板块推着前方的三角块体向北楔入和欧亚板块相对向南运动的过程中,产生了一些预料中现象。比如在剪切边两侧出现了一系列拖曳构造,有的构成了完美的山字型构造,托利-阿纳托里亚山字型构造和祁吕贺山字型构造就是其例^[12]。在南北地震带东侧,还由于右旋产生了总走向呈北东的张扭性配套成分-贝加尔裂谷和汾渭地堑(图8)。这两条有成因联系向北东伸出的雁列分枝,在地震活动上也十分引人注目。这些现象的出现,更进一步显示了印度板块运动对欧亚板内构造发育的作用。

不难看出,对板内强震构造相关性的认识将有助于地震活动性和分布规律的了解。该区本世纪七级以上的地震活动(图5)显示出沿三角边反时针迁移的趋势。由此可知,在今后不长的时间内、强震活动将会出现这样的情况:帕米尔-萨彦岭带处于低潮,喜马拉雅带继续原有水平,南北带经过间歇进入活跃。强震活动围绕青藏高原有规律的迁移表明,地震活动不是孤立的现象,更不是某一条断层活动的结果,而是板块运动促使大构造系统发展、完善,引起应力调整、迁移、集中,在地震活动的大形势中有规律地释放的反映。

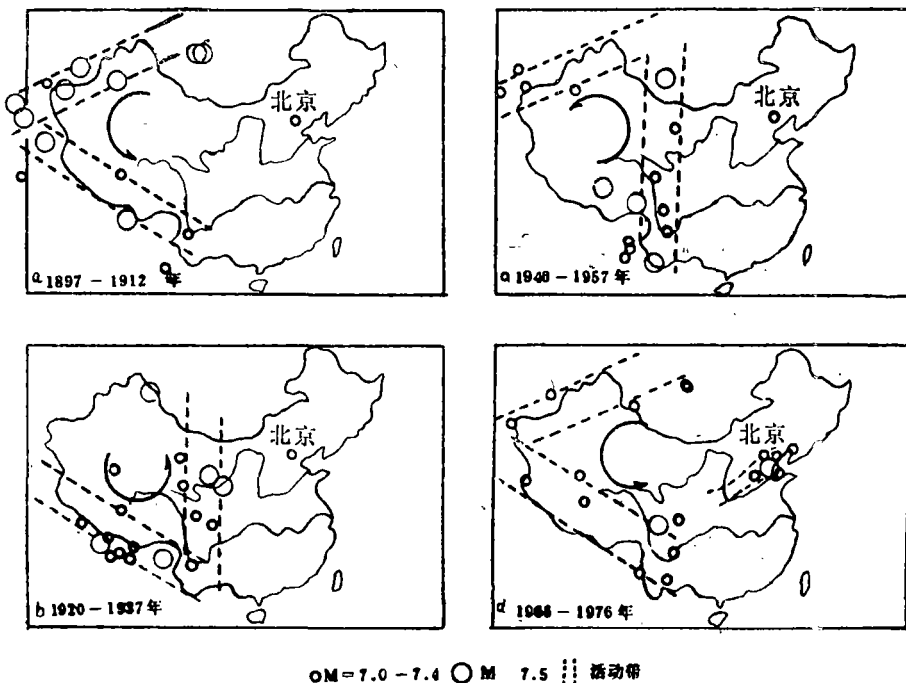


图5 青藏块体边缘本世纪地震活动迁移方向

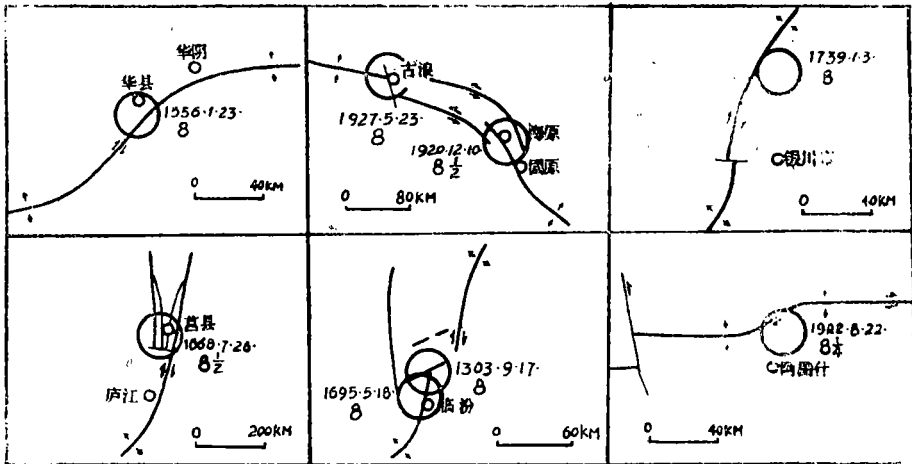


图9 断层压扭部位与地震关系 (据文献〔8〕)

不可否认古老断层对应力的迁移、集中、释放所起的作用。然而更应注意断层的力学性质与地震的关系。分析世界地震带的力学性质,发现压扭性断层(包括剖面上的压扭情况)同地震活动更为密切。对一条具体的断层也不例外,分析我国八级以上的地震构造背景,多数发生在断层的弯转处或集而未汇处,且与断层的压扭段或受压扭作用的块体有关(图6)。因此,对地震带中危险区域的认识,不在于它发生过多少地震和当地断层的活动程度,而决定于该地断层受压扭的程度和地震大形势中周围因地震释放能量而产生的影响。也就是说,活动构造带中的不活动地段并不意味着平安,活动的地段并不意味着不平安。重要的因素取决于该地在区域应力场作用下表现的力学性质和相关地震带因能量释放所起的平衡作用。

参 考 文 献

- 〔1〕地图出版社, 1978, 世界地图集。
- 〔2〕王谦身等, 1982, 亚洲大陆地壳厚度分布轮廓及地壳构造特征的探讨, 地震地质, 3期。
- 〔3〕中国地质科学院亚洲地质图编图组, 1979, 亚洲地质发展和构造轮廓, 国际交流地质学术论文集, 地质出版社。
- 〔4〕L.P.Zonenshain等, 1982, 贝加尔裂谷带和亚洲板块构造的地球动力学, 国外地质, 10期。
- 〔5〕李善邦, 1981, 中国地震, 地震出版社。
- 〔6〕R.M.Richardson等, 1981, 板块内的构造应力, 地震地质译丛, 1期。
- 〔7〕国家地震局地质研究所, 1979, 《中华人民共和国地震构造图》简要说明, 地图出版社。
- 〔8〕国家地震局地质研究所, 1979, 中华人民共和国地震构造图, 地图出版社。
- 〔9〕国家地震局地质研究所岩石力学实验室等, 1980, 结构岩体变形、破坏与地震前兆关系的实验研究, 地震地质, 1期。
- 〔10〕P.Molnar等, 1981, 西藏的活动构造, 国外地质, 9期。
- 〔11〕M.M.弗罗赫特, 1966, 光测弹性力学, 科学出版社。
- 〔12〕李四光, 1973, 地质力学概论, 科学出版社。