

# 印度板块摇摆式北移与强震的关系

张治洮

(西安地质矿产研究所)

## 摘 要

本文讨论了印度板块北移与强震发生的关系,认为由于印度板块呈摇摆式北移,在其北缘的两个突出部位——帕米尔弧和阿萨姆弧的前方形成一对旋剪带。 $M \geq 7$ 级强震在这两个带内交替发生。在摇摆运动后,由于喜马拉雅弧的弹性反作用,在青藏高原内东经 $90^\circ$ 附近,即喜马拉雅弧垂直线两侧地带出现一个中强地震活动带。

印度板块北移是我国西部及邻区构造活动和地震活动的基本动力,这已为许多研究者所指出<sup>[1-4]</sup>。印度板块北缘有两个突出部位,一个在帕米尔高原,另一个在我国西藏察隅西南,人们称之为帕米尔弧和阿萨姆弧,文献[4]称其为结,文献[1]称其为楔。两地区的强震有交替发生的现象。本文仅就该现象及其产生的原因作简要讨论。

1902—1911年帕米尔以北发生了8次 $M \geq 8$ 级地震和1次7.8级地震,震中在平面图上构成一个牛角状展布区(简称为西区,见图1)。在此期间还有4次 $M \geq 7$ 级强震不在西区内,即阿萨姆弧顶附近1次,基尔达尔1次和伊洛瓦底江带2次(后3次地震未编入图1内)。这表明,在此期间印度板块北移主要集中在西端的帕米尔弧,而东端的阿萨姆弧基本未动。在西区内作一条中央弧形线,作图求得弧的圆心点 $A_0$ ,该点恰好位于阿萨姆弧地区。

将这一期间发生的地震按时间顺序编号,可以看出大体上有两次从西区底部向尖端的地震迁移。第一次强震序列发生在西区内侧,在1905年4—8月不到4个月的时间里,地震从底部向尖端迁移,震级依次为8.6(序号2)、8.4(3)和8.7(4),可见这是一次较大能量的快速传递过程。第二次强震迁移(图1中6—9号)发生在西区外侧,传递时间稍长,能量也较第一次为低,且传递仅达西区的中部,未达到顶端。

1947—1960年青藏高原及邻近地区共发生 $M \geq 7$ 级地震20次,其中10次(包括 $M \geq 8$ 级地震3次)集中在阿萨姆以北的牛角形区域内,其余10次分别分布在:西区内5次,鲜水河地震带和普洱地震带各1次,伊洛瓦底江带3次(未编入图1)。这表明在此期间,印度板块北移在阿萨姆地区较强烈,但帕米尔地区亦有移动。同样作东区中央弧形线,求出弧线圆心点 $C_0$ 。由于此期西区亦有移动,故该点落在帕米尔西北。

1) 中国地震报, 1988年10月21日第二版。

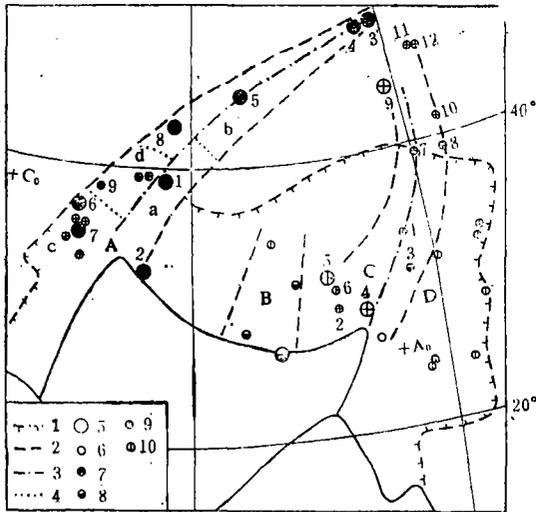


图 1 旋剪带和强震分布图  
 1. 青藏高原及南北地震带边界 2. 旋剪带及反弹山字型脊柱边界 3. 旋剪带中央轴线 4. 西旋剪带亚区分界 5.  $M \geq 8$  6.  $M = 7.0-7.9$  7. 1902—1911 8. 1932—1937 9. 1947—1960 10. 1970—1976  
 Fig. 1 Rotational shear zones and distribution of strong earthquakes

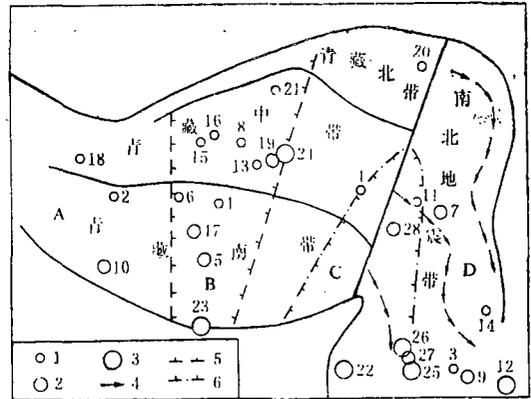


图 2 1977年 1月—1989年 4月强震分布图  
 1.  $M = 6.0-6.4$  2.  $M = 6.5-6.9$  3.  $M = 7.0-7.6$   
 4. 伸展流动线 5. 反弹山字型脊柱边界 6. 阿萨姆弧移动的主要影响范围  
 Fig. 2 Distribution of strong earthquakes from Jan. 1977 to April 1989

上述事实表明，1902—1911年和1947—1960年是印度板块两个突出部位的强启动期。在强启动期内，绝大多数 $M \geq 7$ 级地震集中在西、东两个牛角形地带，少数分布在印度板块边缘两侧的基尔达尔和伊洛瓦底江带，仅个别的分布在其它地区。

在上述两次强启动期之间，即1932—1937年，青藏高原内部出现一次中强以上地震活跃期，共发生 $M \geq 7$ 级地震8次，其中有4次（包括最大的一次8.4级地震）集中在图1的B区。1977年到1988年10月（澜沧—耿马地震前）是我国境内地震活动相对平静时期，其间青藏高原及邻近地区共发生 $M = 6.0-7.0$ 级地震24次，其中有12次集中于B区内（图2）。

综上所述，可对印度板块北移与强震的关系作如下解释：印度板块北缘的帕米尔弧与阿萨姆弧之间的地段呈向南偏西突出的弧形，通常称之为喜马拉雅弧。B区正是垂直于喜马拉雅弧的中线所在地带，如图3所示。图中 $A_0$ 、 $B_0$ 和 $C_0$ 分别代表帕米尔弧顶、喜马拉雅弧顶和阿萨姆弧顶启动前的位置。1902—1911年印度板块首先在帕米尔区启动， $A_0$ 点移至 $A_1$ ， $C_0$ 点亦稍北移至 $C_1$ ，从而呈现为 $A_1B_0C_1$ 弧。 $A_1B_0C_1$ 弧聚集着弹性能量处于不稳定状态，经1932—1937年在B区的地震释放能量， $B_0$ 点移至 $B_1$ ，恢复到直线形的稳定状态。与上述相似，1947—1960年阿萨姆弧前移， $C_1$ 点移至 $C_2$ ，同时 $A_1$ 点移至 $A_2$ ，致使 $A_2B_1C_2$ 再度成为弧形，从1977年到1988年B区发生了12次地震， $B_1$ 反弹到 $B_2$ 。这就是说，1932—1937年和1977—1988年地震在B区的相对集中可以视为西、东两端交替前移的滞后反弹效应。

在南北地震带范围内（图1D区）本世纪以来也有两个强震活跃期。第一次活跃期为1920—1935年，海原8.5级地震、古浪8.0级地震和迭溪7.5级地震等强震组成的群体发生在该带的北、中段，可视为印度板块西端启动后，能量向东传递的滞后效应。第二活跃期为1966—1976年，地震发生在该带中、南段，这应是阿萨姆弧前移，能量向东传递的滞后效

应。

如图1所示,西带弧形中心在阿萨姆附近,标志着帕米尔区的北移实质上是以阿萨姆为圆心作顺时针向旋转。同理东带弧形的形成也是阿萨姆地区以帕米尔区为圆心作逆时针旋转。由于在强启动期能量快速传递,地壳可视为刚性较好的均一体,旋转剪切动能可以在短期内穿越不同的构造单元,从而传递到较远的地区。因此东、西两个牛角形强震带不受各种构造单元的限制,西带斜切了天山和准噶尔褶皱带,进入蒙古褶皱带;东带横穿了喜马拉雅、东昆仑和祁连山构造带,直插入阿拉善地块。

进一步分析,印度板块北移可以表现出两种方式,如图4所示。第一种方式为两个端点并行北移,AB移至A'B',整体移动方向为正北;第二种方式为A'先移到A'',然后B'移到B'',也就是先西后东摇摆式北移,整体移动方向为北22°东,垂直于喜马拉雅弧顶。在两种方式交替出现,或者表现为两者之间的过渡类型时,都将导致印度板块总体移动方向介于正北和北22°东之间,这与古地磁资料所提供的印度板块移动方向相符。因此,帕米尔弧向北的启动状态将是印度板块一次前移的信号。

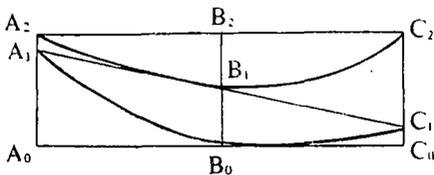


图3 喜马拉雅弧反弹作用示意图

Fig. 3 Sketch showing elastic reaction of Himalayan arc



图4 印度板块移动方向偏斜示意图

Fig. 4 Sketch showing the skew of moving direction of Indian plate

我们将印度板块的一次摇摆式前进所引起的强震称为一个强震旋回。根据新疆地震史料,对该地区的强震可以划分出三个旋回。18世纪强震旋回的最大地震发生即开始时间为1716年,19世纪是1812年,20世纪是1920年,相距分别为96年和90年。对南北地震带发生的强震亦可识别出18、19和20世纪三个旋回,这三个旋回中都是前半个旋回含较多的 $M \geq 7$ 级和少数 $M \geq 8$ 级地震,后半旋回少或无 $M \geq 7$ 级强震。三个旋回开始时间分别为1733年(东川)、1833年(嵩明)和1920年(海原),它们分别较新疆西部滞后17—20年。本世纪西、东带启动时间分别为1902年和1947年,间隔45年。若印度板块呈均匀摇摆前进,则旋回历时应为90年;若呈马蹄声式摇摆前进,则旋回后期平静期稍长,旋回历时将略超过90年。据此,强震旋回历时应为90—96年,估计未来强震旋回的启动,即新疆西部强震活跃期的开始时间将大约在1992—1998年。

(本文1989年1月23日收到)

### 参 考 文 献

- [1] 任纪舜、姜春发、张正坤、秦德余,中国大地构造及其演化,科学出版社,1980.
- [2] 郑家全、时振梁等,中国及邻区构造应力场的区域特征,地震学报, Vol. 1, No. 1, 1979.
- [3] 马杏垣,中国岩石圈动力学概要,地质学报, Vol. 61, No. 2, 1987.
- [4] 丁国瑜,有关青藏高原活动构造的一些问题,西北地震学报, Vol. 10, 增刊, 1988.

## ON THE RELATIONSHIP BETWEEN STRONG EARTHQUAKES AND THE MOVEMENT OF INDIAN PLATE NORTHWARD IN THE SWAYING WAY

Zhang Zhitao

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Shaanxi, China)

### Abstract

With the movement of Indian plate northward in the swaying way, a pair of rotational shear belts formed in front of Pamir arc and Asam arc, which are two projecting points of Indian plate. And  $M \geq 7$  strong earthquakes occur alternately from one belt to another in period of every 90 years.

After a swaying movement, due to the elastic reaction of Himalayan arc, a moderate strong earthquake zone causally formed in the middle of Qinghai-Xizang plateau adjacent to  $90^\circ\text{E}$ , at the both sides of the vertical line to Himalayan arc.

---

### 震前固体潮峰谷位移异常

地壳运动有多种形式, 固体潮是唯一能事先精确计算出的物理量。平静期观测值与理论值曲线形态基本上是吻合的, 潮汐波的峰谷出现时间大体对应。由于地震孕育的影响, 使观测值的峰谷出现时间较理论值提前或滞后而出现异常。据我们的初步研究, 1983年11月7日菏泽5.9级地震前, 距震中190公里的泰安台倾斜固体潮峰谷位移出现5个月的异常, 与 $M_2$ 波潮汐因子异常时间符合较好; 1984年1月6日九条岭5.5级地震前, 距震中270公里的兰州台重力固体潮震前峰谷位移异常持续5个月, 比 $M_2$ 波潮汐因子异常提前1个月出现; 1988年1月4日灵武5.4级地震前, 距震中300公里的兰州台自记长水管倾斜仪峰谷位移异常持续3个月; 1990年4月26日共和6.9级地震前, 距震中300公里的兰州台自记长水管倾斜仪峰谷位移异常持续2个月, 重力峰谷位移异常持续3个月。用常规分析法如形态法、差分法等分析无异常显示, 而用峰谷位移异常法分析异常明显, 且有一定的量级。初步研究认为, 分析高精度的倾斜固体潮和重力固体潮观测资料, 峰谷位移异常分析法是一种较好的方法。

(国家地震局兰州地震研究所 刘光远)