

青藏块体及其边缘的强震活动 图象及动力源讨论

夏玉胜 赵和云* 钱家栋* 梁子斌* 孙洪斌

(青海省地震局, 西宁 810001)

摘要 通过对中国西部地区强震活动特征的研究,发现该地区存在有3组取向不同,然而近似呈等间距分布的6级以上强震空带,相邻空带间距约 5° ,宽约 1° 。从青藏块体边界可能作用有周期性力的角度对上述现象进行了初步的解释,认为这种现象可能是边界上3组周期力产生的应力波在块体内迭加形成的驻波所致,其波长与前人所得到的构造波波长非常符合。

关键词: 青藏亚板块 地震活动图象 应力波 力源环境

1 前言

地震的时空活动图象是地震预报研究中经常关注的现象之一。以往的研究表明,强震前未来震中一定范围内地震呈条带分布,或小震形成围空区,这是最为常见的活动图象。如果将研究范围扩大到较大的构造单元,研究时间追溯到有地震记录以来,那么强震的活动图象如何?是否还有某些规律?这些规律能说明些什么问题?本文将以青藏高原及其边缘地区为研究对象,对此进行讨论,旨在通过对强震活动图象的分析进一步探讨中国西部板内地震的动力源问题。

2 青藏高原及其边缘地区强震活动图象

中国西部地区(东经 105° 以西),特别是青藏高原,自有地震记录以来的强震($M_s \geq 6.0$)空间分布如图1所示。从图1可以看出,青藏高原及其边缘的地震活动虽然疏密不等地布满全区,但仍然可以看出以下2个特征:

(1)有3组延伸方向不同的强震空带(而不是地震条带),相邻2空带间的距离几乎相等,约为 5° ,而空带本身宽约 1° 。强震几乎全部发生在3组空带围成的网格中。

(2)每组的地震空带之间相互平行,并分别平行于印度河-雅鲁藏布江板块缝合带、塔里木地块和南北地震带。

为清楚起见,在图1中勾划出了各空带的边界,可以看出,近年来中国西部地区发生的几次强震,如1990年茫崖6.6级、1990年青海共和7.0级、1990年景泰6.2级等地震都处于空带之间的网格中。强震的这种有规律的分布格局显然不是偶然的,似乎与边界有关。青藏高原作为一级构造单元,其受力状况可以从地壳结构和地球物理特征上反应出来。地震测深⁽²⁾和古

地磁测量^[3]资料表明,青藏高原的地壳沿垂直方向增厚,沿水平方向呈现南北向缩短,这说明其西南边界的印度板块由南向北的推进和碰撞作用是明显的;地震的震源机制表明,北东走向的阿尔金山断裂带具有左旋走滑性质,而北西走向的喀喇昆仑断裂具有右旋走滑特征,这无疑说明青藏高原北侧的塔里木地块由北向南推进,并楔入青藏高原西段;而高原的东部边界与稳定的地台(如鄂尔多斯地台)、地盾相邻,因此,青藏高原及其边缘地区处于一种三角形挤压的受力环境之中。这种受力状态如何能产生如图1所示的地震活动图象,作者将在下面作简要的讨论。

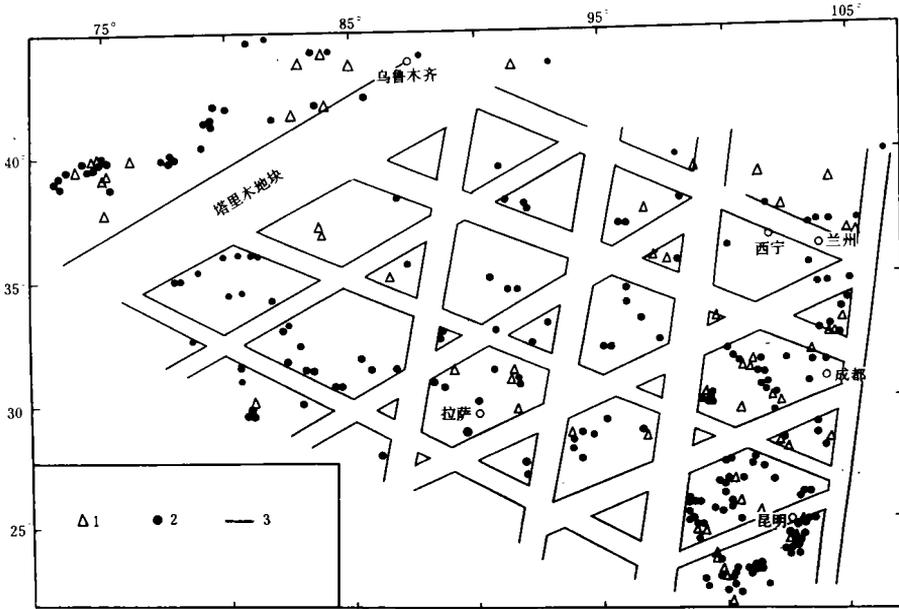


图1 中国西部地区强震($M_s \geq 6.0$)及空带分布图(自有记录以来)

1 $M_s \geq 7.0$; 2 $7.0 \geq M_s \geq 6.9$; 3 空带边界

Fig. 1 Distribution of strong earthquakes ($M_s \geq 6.0$) and seismic gaps in West China.

3 强震活动图象与力源关系的初探

目前一般认为,板块边缘的作用力控制着板内应力场分布的基本特征。S. H. Hckman 在研究了板块边缘上压缩型地震和拉伸型地震的图象交替变化后指出,在板内逆冲大地震期间,应力是周期性变化的^[1]。据此,也可以认为在青藏高原及其边缘地区的三角形边界上,挤压和抬升作用力也呈周期性变化,其周期通常较长。在这种长周期力的作用下,青藏高原内部介质中将产生应力波。为简单起见,假定这种应力波是单频的。然后考察在3个边界上的周期力作用下,在介质内部这3组应力波产生的位移。

取直角坐标系,为简单起见,令在边界周期力作用方向上传播的3列平面波等频且互成 120° 角,如图2所示。适当调节各列波的初位相,在任意一点 $P(x, y)$ 处,每列波产生的垂向位移为:

$$z_1 = a_1 \sin[\omega t - \frac{\pi}{\lambda}(\sqrt{3}x + y)]$$

$$z_2 = a_2 \sin[\omega t - \frac{\pi}{\lambda}(-\sqrt{3}x + y)] \tag{1}$$

$$z_3 = a_3 \sin[\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}y]$$

式中 a_1, a_2, a_3 分别为 3 列波的振幅, λ 为波长。合振动表示为:

$$Z = z_1 + z_2 + z_3 = A \sin(\omega t + \varphi) \tag{2}$$

其中振幅函数 A 由下式确定:

$$A^2 = a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + 2a_1a_2 \cos(\frac{\pi}{\lambda}2\sqrt{3}x) + 2a_2a_3 \cos[\frac{\pi}{\lambda}(\sqrt{3}x - 3y)] + 2a_3a_1 \cos[\frac{\pi}{\lambda}(\sqrt{3}x + 3y)] \tag{3}$$

对合振幅求极值: 令

$$\frac{\partial A}{\partial x} = 0, \frac{\partial A}{\partial y} = 0 \tag{4}$$

其解一般有 3 组, 它们分别对应极大值(波腹)、极小值(波节)和鞍点。合振幅的大小和 3 组极值点在介质中的分布决定于 a_1, a_2 和 a_3 的取值。若 $a_1 = a_2 = a_3 = a$ 时, 合振幅极大值点、极小值点和鞍点的分布如图 3 所示; 若 $a_1 = a_2 = a_3/2$ 时, 合振幅的 3 类极值点分布如图 4 所示。显然图 3 中合振幅的极值点、鞍点的分布与图 4 不同, 但不管怎样, 它们都显示出两个特点: (1) 强振动区呈等间距不连续的网格分布; (2) 弱振动区则为 3 组分别与边界平行的等间距条带。如果认为波腹即强振动区的介质容易破裂而发生地震, 不动的波节处不易破裂而很少有地震, 则图 3 与图 4 所显示的格局与图 1 极为相似。

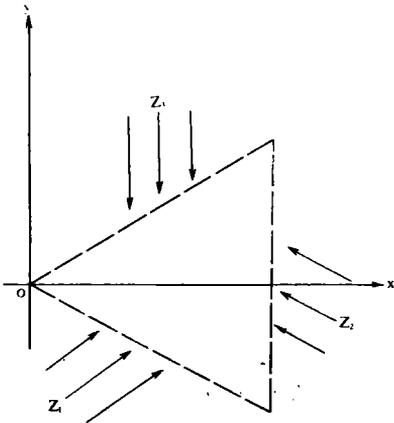


图 2 模拟计算的坐标系及力源取向

Fig. 2 Coordinate system and orientation of dynamic source for simulation calculation.

文献[4]在讨论甘青地区地震活动图象时曾给出过这一地区大于 6.5 级地震在空间上有等间距分布的特征, 图 3 和图 4 所显示的结果可给出圆满的解释。当然上述以单频平面应力波来解释青藏高原及其边缘地区的强震分布还显得过于简单。但从

中可以看出, 在青藏高原具有特定三角形边界结构下, 周期性变化的力源可能是产生如图 1 所示的强震分布图象的根本原因。

上述模拟还表明, 强振动区和弱振动区的宽度主要取决于力源的周期, 而 3 组弱振动条带的走向分别与力源的作用方向平行。因此, 利用青藏块体强震空带的取向, 可以反推边界力的作用方向。如图 1 所示的强震分布格局, 可以认为, 青藏块体西南边界受近南北向的作用力, 而东边界受近东西—北西西向作用力, 北部边界为北东向作用力; 也可以认为其西南边界受北东向作用力, 东部边界受北西向作用力, 而北部边界受近南北向作用力。究竟哪组受力状况符合实际, 需结合这一地区的地质和地球物理特征判定。根据文献[2]给出的地球物理表现, 青藏块体及其边缘的受力方向很可能是这样 3 组:

(1) 作用于西南边界上的力是北东方向, 它主要来源于印度板块的推挤。

(2) 作用于南北地震带东部边界的力是北西西向, 它可能是塔里木地块向东南的推挤受到南北地震带以东稳定地块的阻挡所致。

(3) 作用于北部边界的力源为近南北向, 它可能是青藏块体北侧坚硬而不稳定地块向南推挤, 而又受到印度板块阻挡所致。

此外, 由上述简单计算模型中可得到条带间距(Δ)与应力波波长(λ)之间的关系为:

$$\Delta = \frac{\lambda}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

而由图 1 测得条带间的平均间距为 $\Delta = 550 \text{ km}$, 据此可求得应力波的波长:

$$\lambda = \sqrt{3} \Delta = 950 \text{ km} \quad (6)$$

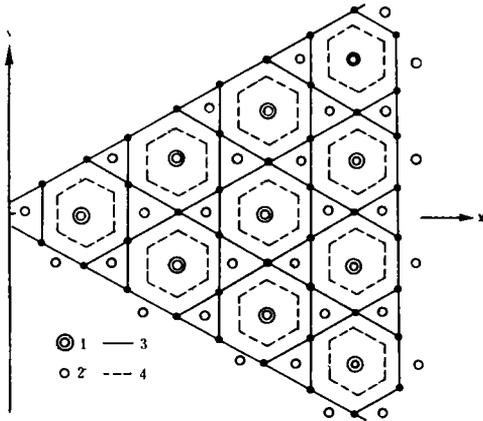


图 3 $a_1=a_2=a_3=a$ 条件下波腹、波节、鞍点空间分布图

1 波腹; 2 波节; 3 鞍点; 4 强振动区边界

Fig. 3 Distribution of wave loops, nodals and saddle points when $a_1=a_2=a_3=a$.

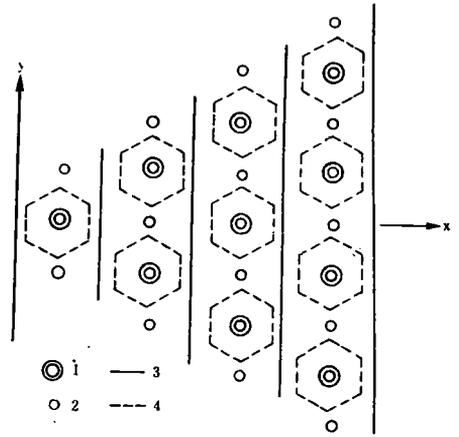


图 4 $a_1=a_2=a_3/2$ 条件下波腹、波节、鞍点空间分布图

1 波腹; 2 波节; 3 鞍点; 4 强振动区边界

Fig. 4 Distribution of wave loops, nodals and saddle points when $a_1=a_2=a_3/2$.

这里所得到的应力波波长与苏联的尼古拉耶夫斯基曾给出的构造波波长 1,000 km 十分接近⁽⁵⁾。究竟这两者之间是什么关系, 还有待进一步研究。不过可以从一个侧面说明, 介质中这种应力波存在的可能性是有的。

还要强调的是, 上述模拟只是为了说明边界上周期力在形成图 1 强震格局中的作用, 并不表明青藏块体及其边缘地区受力的细节。在漫长的地质时期, 青藏块体周缘的力源方向可能要发生一定的变化, 当今显示的强震分布图象是它们的综合反映。因此, 周边力源作用方向与强震空带的取向关系就不象模拟中那样简单, 这里只是给出它们之间的整体关系。另一方面, 介质的受力环境也可从介质中断裂的走向反映出来。在青藏块体及其边缘地区确实存在走向分别为 NW、NE 和近 NS 向的断裂带。只不过 NW 走向的断裂带规模最大, 而其它走向的断裂带规模较小。这种断裂带分别与块体边界大体平行的展布特征表明, 青藏块体受三角形挤压力是无可置疑的。

4 结束语

本文初步揭示了中国西部, 特别是青藏高原地区强震的空间分布规律。可以看出位于南北

地震带的所有网格中强震都比较密集,各网格中地震分布基本均匀。但唯独以东经 101.5°,北纬 35.5°为中心的网格中,与其周围地区比较,地震偏少,能量释放严重不足。如果上述强震分布规律确实存在,可以认为这一网格所围地区有强震活动背景,今后要给予特别的注意。

此外,本文只是粗略地对该地区强震分布特征进行了解释,至于引入的周期性应力波是否合适还有待进一步研究。不过利用强震分布的这一特征,无论对该地区应力场的研究或是强震地点方面的预报都有参考作用。

(本文 1994 年 5 月 21 日收到,1995 年 11 月修改完毕)

参考文献

- 1 Hickman S H. 岩石层内的应力与活断层的强度. 世界地震译丛, 1992, (5): 1-3.
- 2 崔作舟, 等. 青藏高原速度和深部构造. 地质专报(五). 北京: 地质出版社, 1992. 69-71.
- 3 黄礼良. 关于中国大陆强震动力源的探讨. 地震, 1992, (3): 63-70.
- 4 张晓东. 青海高原及邻近地区强震活动的等间距特征. 高原地震, 1992, 4(3): 9-10.
- 5 尼古拉耶夫斯基. 地球的构造波. 朱文玉译. 高原地震, 1992, 4(3): 63-67.

A DISCUSSION ON STRONG EARTHQUAKE ACTIVITY IMAGE AND DYNAMIC SOURCE IN QINGHAI-TIBET PLATEAU AND ITS MARGIN

Xia Yusheng, Zhao Heyun*, Qian Jiadong*, Liang Zibin* and Sun Hongbin
(Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001)

Abstract

Through study of the characteristics of strong earthquake activities in the Western China, it is found that strong ($M \geq 6$) earthquakes form three groups of gaps with different directions, which are nearly equidistantly distributed. The distance between two gaps is about 5° , and the width of one gap is 1° . This paper gives a preliminary explanation about it by supposing the plateau boundary is being affected by periodical forces. It is considered that such phenomenon may be due to the stationary wave which is formed by the superposition of stress waves created by three groups of periodical boundary forces. Moreover the wave lengths of such stress waves are very similar to those of structural waves obtained by other researchers in the past.

Key words: Qinghai-Xizang subplate, Seismicity pattern, Stress wave, Environment of stress source