

# 青藏高原东北边缘地震活动 图像构造分析

邵顺妹

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

**摘要** 本文介绍了青藏高原东北边缘及其邻近地区的地震活动特征和地震线的展布, 研究区共划分出8条主要地震线, 在不同地震活动时期, 各地震线上的地震活动水平不同。研究结果对于分析本区地震活动性和研究本区的地震预报是有益的。

**关键词:** 青藏高原东北边缘 地震活动图像 地震线

## 1 引言

近几年来, 人们对地震在平面上分布的丰富资料进行研究认为, 大陆地震虽然广泛地分布在十分辽阔的区域内, 但并不是散而无序, 无论是大陆整体还是划分区域, 地震总体表现为密集成带的特征, 这种特征随着测震精度的提高和测震资料的丰富, 而愈加显得清晰。我国大陆地震震源大多集中在中上地壳内, 并且震中密集带多呈现不同走向相互交织成网状的格局, 加之强震的地表裂缝和等震线往往成串排列, 因此可以认为震中密集带是地下一定深度范围内地体发生类似剪切滑移线成规则错动的地表点投影, 它们与地表活动断裂位置一致(也有不一致的)。地震密集带是地下一定深度范围内地体相对独立的现今破裂网络, 这种地震震中破裂网络呈线状分布的图像, 人们又称之为“地震线”。

青藏高原东北边缘及其邻近地区地处甘肃、青海及宁夏部分地区, 从地震研究的角度来看, 大体包括我国南北地震带北段及祁连地震带。该区不仅受到印度板块与欧亚板块碰撞作用力的影响, 而且还受到鄂尔多斯地块及太平洋板块运动的影响, 使得本区在地壳结构、地震构造环境等方面具有一定的特殊性, 从而表现为现代构造运动强烈, 地震活动频繁, 是中国大陆地震活动强烈地区之一。因此, 对本区的地震活动图像进行分析研究, 识别并划分该区的地震线, 将有益于研究本区的地震活动性和地震预报。

## 2 地震线的划分

近年来笔者对青藏高原东北边缘及其邻近地区的地震活动进行了初步分析, 认为该区地震震中分布亦具密集成带特征, 且相互交织明显成网状格局。

本文将1500年以来  $M_s \geq 4\frac{3}{4}$  (1970年以后  $M_s \geq 4.0$ ) 的地震作成时空图(图1), 1969年以前的地震取自顾功叙编《中国地震目录》, 1970年以来的地震取自甘肃地震及甘肃省地震目录。根据有无7.0级地震, 在该图上可明显地划分出两个地震活动期和一个地震平静期, 即

1560—1718 和 1879—现今还未结束的两个地震活动期，而 1719—1878则为地震平静期。然后将两个地震活动期的地震作出震中分布图(图2)。图中可见地震震中沿几个不同方向排列，线性十分清晰，且相互交织成网状格局。根据由中强地震震中划定地震线的原则<sup>[1]</sup>，本区可划出由中强及其以上地震构成的地震线8条。另外，根据利用小震震中分布图像划分地震线的原则<sup>[2]</sup>，也可划出数条地震线(图3)，这里根据小震图像划出的地震线的位置，有的与中强地震及大地震活动图像构成的地震线的位置基本一致，也有些是不一致的。下文将对主要地震线特征给予介绍。

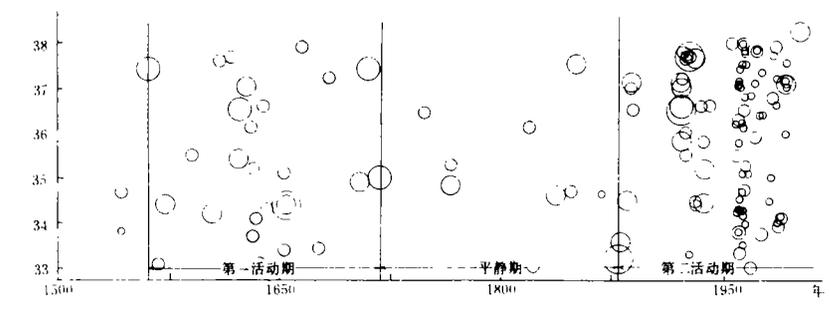


图1 青藏高原东北边缘地区地震(1500—1993, Ms≥4.0)时空分布图

- 1. M≥8.0; 2. M=7.0—7.9; 3. M=6.0—6.9; 4. M=5.0—5.9;
- 5. M=4.0—4.9

Fig. 1 Time-space distribution of earthquakes along the northeastern margin of Qinghai-Xizang plateau.

格。根据由中强地震震中划定地震线的原则<sup>[1]</sup>，本区可划出由中强及其以上地震构成的地震线8条。另外，根据利用小震震中分布图像划分地震线的原则<sup>[2]</sup>，也可划出数条地震线(图3)，这里根据小震图像划出的地震线的位置，有的与中强地震及大地震活动图像构成的地震线的位置基本一致，也有些是不一致的。下文将对主要地震线特征给予介绍。

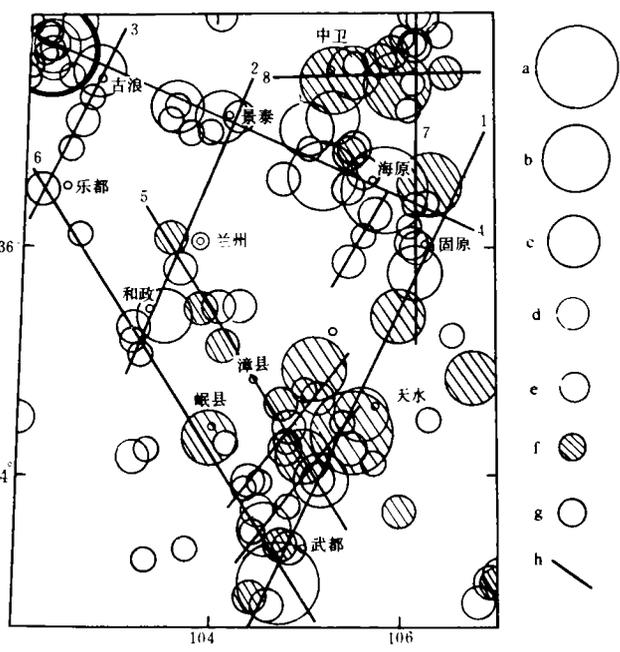


图2 地震活动性图像构造图

- a. M≥8.0; b. M=7.0—7.9; c. M=6.0—6.9; d. M=5.0—5.9; e. M=4.0—4.9; f. 1560—1718; g. 1879—1991;
- h. 地震线及编号

Fig. 2 Structures of seismicity pattern.

3) 这里根据小震图像划出的地震线的位置，有的与中强地震及大地震活动图像构成的地震线的位置基本一致，也有些是不一致的。下文将对主要地震线特征给予介绍。

### 3 主要地震线特征

研究区地震线的展布方向有北西西、北北东、北北西、东西及南北等几个方向，以前三者为主，区内地震尤其是强烈地震活动几乎都集中在北西西和北北东这两个方向的地震线上，且位于其相互交织成网状的节点处。下面对主要地震线作简要叙述(地震线编号参见图2)：

#### 3.1 北西西向地震线

北西西向地震线以海原—景泰—门源这一条为代表，即图2中的4号地震线，此线地震在本区第二活动期内活动频繁，真可谓频

率高、强度大,1920年海原8.5级大震、1927年古浪8级地震都发生在该地震线上,1990年10月

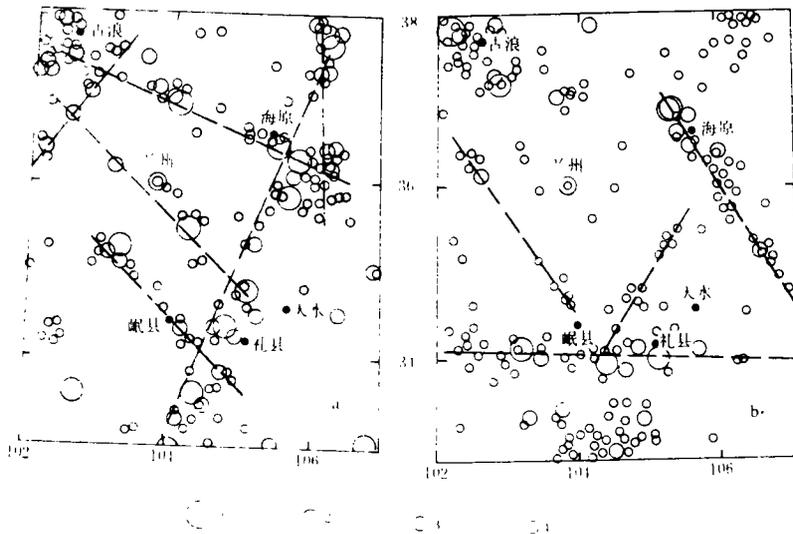


图3 小震活动图像构造

a\*. 1954-1979,  $M_s \geq 3.0$ ; b. 1982-1988,  $M_l \geq 3.0$ ;

1.  $M=6.0-6.9$ ; 2.  $M=5.0-5.9$ ; 3.  $M=4.0-4.9$ ; 4.  $M=3.0-3.9$

Fig. 3 Activity pattern of small earthquakes.

景泰6.2级地震和1993年10月托来6.0级地震也都发生在该地震线上,小震活动图像在此方向上也有所显示.这说明该线上的地震在本区第二活动期内活动相当频繁,至今仍较活跃,值得注意.

### 3.2 北北东向地震线

该方向的地震线有3条,它们近于平行展布,可由中强地震和大地震活动图像显示出来.这三条地震线在地表均见不到与其相对应的断裂构造,但它们却与卫片综合解译结果中的线性构造的排列方向基本一致<sup>[3,4]</sup>,而这些线性构造都是深部构造的反映.现分别对它们叙述如下:

3.2.1 武都—固原地震线(即图2中的1号地震线) 该地震线是本区地震活动最强烈的条带之一,在本区第一地震活动期内,仅在1622—1654这32年间就发生  $M \geq 5.0$  的地震6次,这6次地震显示了由北东—南西—北东往返跳动(跳迁)的特征(图4),而1654年天水罗家堡8级大震则处于这些地震往返跳动的近中间地段.这一条地震线是本区第一活动期内地震活动的主要条带.

3.2.2 和政—兰州—景泰和乐都—古浪两条地震线(即图2中的2、3号地震线) 这两条地震线在本区第一活动期内基本上无

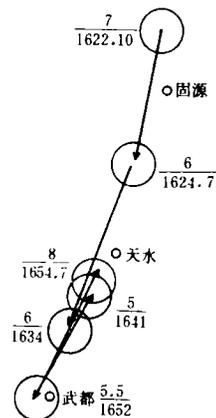


图4 1622—1654年1号地震线地震活动图

Fig. 4 The seismicity along No. 1 seismic line from 1622 to 1654.

\* 据兰州地震研究所编写的《甘肃地震》附件3编.

地震活动,而在第二活动期内则中强地震活动较为频繁,但到目前为止未见有7级或更大地震发生。

另外,根据小震面密度明显变化的分界线等,小震活动也清楚地显示出数条沿北北东向排列的线状图像,图3a是1954—1979年  $M_s \geq 3.0$  震中分布图,该图中有一条十分清晰的小震面密度分界线呈北北东向展布,它位于图2中1号地震线的西侧,但近于与之平行。还存在中短期小震活动的地震线,如一年内(图5a)或数月内(图5b)所显示的地震破裂线<sup>[5]</sup>,这对于

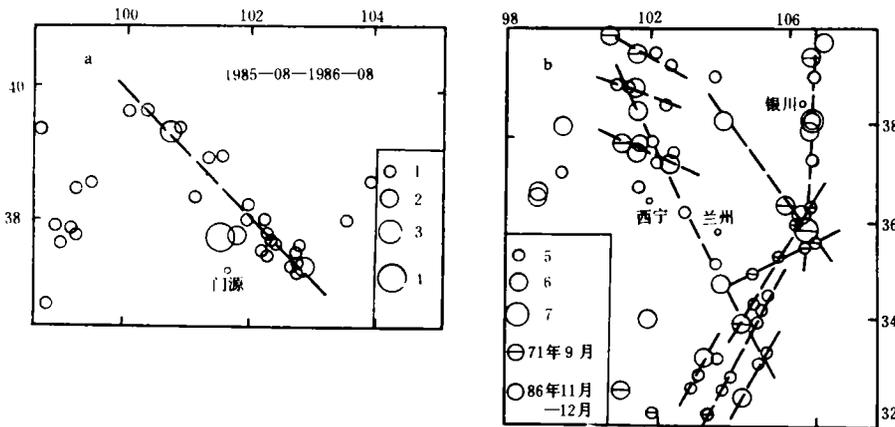


图5 短期小震活动图像

1.  $M \leq 3.9$ ; 2.  $M \leq 4.9$ ; 3.  $M \leq 5.9$ ; 4.  $M \leq 6.9$ ; 5.  $M \leq 2.9$ ; 6.  $M \leq 3.9$ ; 7.  $M \leq 4.9$

Fig. 5 Short period activity pattern of small earthquakes.

认识中、短期小震活动特点也是有益的。

### 3.3 北北西向地震线

该方向的地震线有两条,一条是兰州—漳县,另一条是乐都—岷县,即图2中的5号、6号地震线,二者近于平行,它们均由中强地震活动构成,5号地震线在本区第一、二活动期都有中强地震活动,而6号地震线则主要在第二活动期地震活动反映明显。这两条地震线在地表均可见到与之相对应的活动断裂。

另外也有些小震震中分布呈北北西向展布的地震线(见图3)。

### 3.4 东西向地震线

东西向地震线在本区有两条,其中一条位于北纬38°线附近,中宁、中卫一带,即图2中的8号地震线,该地震线在本区第一地震活动期中中强地震活动较频繁,共发生5—7级地震6次,第二活动期地震较少。另一条东西向地震线在北纬34°线附近,是由1982—1988年的中小地震( $M_s \geq 3.0$ )活动反映出来的(见图3b)。1985年6月岩昌5.0级地震、1987年1月迭部5.9级地震和1987年10月礼县5.1级地震均发生在该地震线上,说明该地震线近期中强地震活动较频繁,也应引起注意。这两条东西向地震线在地表均有与之相应的活动断裂。

### 3.5 南北向地震线

本区南北地震线位于东经106°线东侧,北起银川,南至固原、隆德一带,即图2中的7号地震线,该地震线除了在本区第二活动期中中强地震有所反映外,中小地震活动在该方向上的反映也十分清晰(见图3a)。另外,1986年11—12月的小震震中也明显沿此方向排列(见图

5b)<sup>[5]</sup>。

## 4 地震活动图像的构造分析

以上对青藏高原东北边缘地区的地震线的特征进行了较为详细的研究,值得指出的是,区内发生过3次中强地震( $M \geq 4 \frac{3}{4}$ ),震中排列而连成的地震线共有8条(图2),它们是区内的主要地震线,这些地震线较为确切地表征了研究区内地震活动图像。现将主要地震线的地震活动特点和构造特征列于表1。至于小震活动图像构成的地震线在前面已作了介绍,这里不再重复。

表1 主要地震线的地震活动性和构造特征

地震线走向	图2中编号	地震线名称	地震活动特点	构造特征
NNE	1	武都~固原	地震强度大频度高,第一、二活跃期内均有明显活动	地震线由中强地震震中构成,小震活动线也很清晰与卫片判读线性构造一致,但地表未见断裂带,重力异常带。
NNE	2	兰州~景泰	仅在第二活跃期有地震活动,无大震	为中强地震震中构成的地震线,小震活动也较明显。未见地表断裂,但卫片上有断续线性影像。
	3	乐都~古浪		
NWW	4	海原~景泰~门源	第二活跃期地震活动强烈,近期地震活动明显。其中有1920年海原8.5级1927年古浪8级及近期1990年天祝—景泰6.2级地震	由中强以上大震构成的地震线,小震活动构成的地震线也很清晰。与冷龙岭—毛毛山—海原活动断裂带吻合。重力异常带。地壳厚度变异带。
NNW	5	漳县~兰州	第一、第二活跃期均有地震活动,但无7级以上大震	中强地震和小震构成的地震线。地表可见规模较小断裂,但卫片上也有断续分布的NNW向线性构造。重力异常带。
	6	岷县~乐都		
SN	7	银川~隆德	地震发生在第二活跃期	地震线由中强地震构成。与地表断裂一致。
EW	8	中宁~中卫	地震发生在第一活跃期	中强地震的地震线。与地表断裂吻合。

由表1和地震线特征的分析可知,本区主要地震线与地质构造线基本吻合,这说明地震线的分布大体反映了本区地质构造特征和现今地壳破裂状态。其中北西西向、北北东向和北北西向地震线与深部构造异常带相一致。需要说明的是,武都—固原北北东向地震线,地表未见与之吻合的断裂构造,但与卫星影像上清晰显示的线性构造完全一致,也与深部重力异

常带一致.而历史及现今地震活动的北北东向的迁移现象也与这一地震线吻合(参见图4)。

不同地震线地震活跃期亦不同,可能显示了地震构造活动的规律性。从区内近十多年来(1980年1月—1993年10月) $M \geq 5$ 地震活动图像看,地震主要集中在海原—景泰—门源北西西向地震线和北纬34°线附近的近东西向地震线上(图6)。这两条地震线可能是区内现今活动最强烈的地震活动图像。

这种地震活动不同时期在不同地区的集中性与马宗晋等研究的结果是相似的,即地震活动在某一时段内有其活动的主体表现,不同活动时期,地震活动的主体地区不同<sup>[6]</sup>。因此在同一地震活动期,区内所有地震线也不会同时都活动。研究现今地震活动显著的地震线,不仅对研究构造活动特点是有益的,对预报地震发生地区和地点也有一定的参考价值。

如上所述,青藏高原东北边缘主要地震线大多与地质构造线一致,因此其动力来源也应是一致的。李玉龙从板块构造的观点分析认为<sup>[7]</sup>青藏高原构造动力的来源除欧亚板块与印度

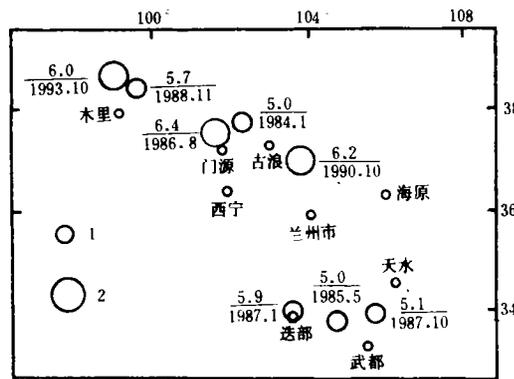


图6 近期中强地震活动图像(1980-01—1993-10,  $M_s \geq 5.0$ )

Fig. 6 Seismicity pattern of middle-strong earthquakes in recent years.

1.  $M_s \geq 5.0$ ; 2.  $M_s \geq 6.0$

原构造动力的来源除欧亚板块与印度板块的碰撞外,印度板块向北东方向的推挤作用占优势。由于印度板块现今继续向北东推挤,产生近北东—南西向挤压力所形成的构造破裂形迹,使青藏高原北部边界为北西西向的北祁连断裂构造带,并迫使青藏高原内部地壳块体分别向北西与南东方向滑移。而青藏高原的东北边缘,大体以武都—固原一线为界出现近东西向以及北东向的挤压力所形成的构造破裂形迹,还受到了鄂尔多斯地块乃至太平洋板块相对向西运动的影响。根据1984年以来,本区5级以上地震的震源机制<sup>\*</sup>结果来分析:海原—景泰—门源一线地震的主压应力方向为29—52°,而礼县、宕昌、迭部一带地震的主压应力方向为87—96°。说明研究区现今应力场是:北部以北东向为主,南部则以近东西向为主,这与上述构造力源的分析是一致的。上述不同方向的推挤和滑移作用力是形成本区在一定深度范围内地体相对独立的现代地震线网络状构造的动力源。

### 5 结语

(1) 青藏高原东北边缘地震活动多具有线状分布的特征,不同方向的地震线相互交织成网络状形态,网络的“节点”附近是地震活动的集中区。据统计,位于地震线上的地震达90%。而区内有77%的7级以上地震和68%的4.0—6.9级地震均位于地震线网络的“节点”附近。由此可见,分析地震线的展布及其网络形态对未来破坏性地震发生的地段和地点的分析

\* 震源机制解由温增平提供。

预报是十分重要的。

(2) 本文分析还表明,各地震线上地震的活动期不同;不同地震线地震活动的强度和频度也有明显差别。因此研究地震活动强度大、频度高的地震线,进而找出现今地震活动最为明显的地震线,对区内地震危险性分析和地震的空间预测是有实际意义的。

根据分析推测,近期中强地震集中于海原—景泰—门源及北纬34°线附近的東西向地震线上,而其它几条地震线活动水平较低,因此这两条地震线是值得注意的地段。

(3) 从地震活动的构造分析可知,地震线与地面断裂构造大多数一致,但也存在不一致的现象,这是因为地震线是地下一定深度范围内地体相对独立的现代破裂网络,而地表出露的断裂构造则是地球发展历史的长河中不同地质历史时期地壳运动遗留下来的地质构造形迹。两者的差别是显而易见的。以地震活动特征为主要依据的地震线的研究,对于区域地震活动性和地震预测预报,对于区域地壳稳定性和活动断裂的工程地质评价都具有重要的参考价值。

(本文1994年1月10日收到)

### 参考文献

- 1 《中国岩石圈动力学图集》编委会:《中国岩石圈动力学概论》,地震出版社,1991,254—260
- 2 国家地震局地质研究所、分析预报中心:《中国地震活动图像构造解释图说明书》,中国地图出版社,1991
- 3 邵顺妹、邹谨敞:天水地区卫片地震构造解译和地震危险区探讨,《地震学刊》,1988年,2期,31—37
- 4 邹谨敞:利用卫星影像分析甘肃南部的地震构造特征,《遥感地质文集》,地震出版社,1985,86—90
- 5 国家地震局分析预报中心:《中国地震活动性图集》,1991,332,347
- 6 马宗晋、郑大林:中蒙大陆中轴构造带及其地震活动,《地震研究》4(4)1981,421—436
- 7 李玉龙:陕甘宁青四省(区)新构造与现代构造应力场及其动力来源的初步分析,《西北地震学报》,1(4)1979,1—10

## THE STUDY ON SEISMICITY PATTERN ALONG NORTHEASTERN MARGIN OF QINGHAI—XIZANG PLATEAU

Shao Shunmei

(*Earthquake research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou, 730000*)

### Abstract

This paper introduced the seismicity and distribution of seismic lines along the northeastern margin of Qinghai—Xizang plateau and in its adjacent regions. There are 8 main seismic lines in the studied area. During different seismic activity period, the seismicity level of each seismic line is different. The results of study are advantageous to analyzing seismicity and forecasting earthquake in this area.

**Key words:** Northeastern margin of Qinghai-Xizang plateau. Seismicity pattern. Seismic line