

# 青海省河南 $M_S5.1$ 和玛沁 $M_S5.0$ 地震后 库玛断裂带的地震活动趋势研究

都昌庭<sup>1</sup>, 杨广华<sup>2</sup>

(1. 青海省地震局, 青海 西宁 810001; 2. 青海省都兰地震台, 青海 都兰 816100)

**摘要:** 根据地震活动特征、大武地震台尾波持续时间及长宁、湟源和西宁 3 个台水气异常变化, 讨论了 1999 年河南  $M_S5.1$  和玛沁  $M_S5.0$  地震发生后库玛断裂带的地震活动趋势。结果表明, 河南—玛沁地区的中强地震活动与库玛断裂带上的强震活动有明显的对应关系; 在库玛断裂带中东段存在一个由  $M_L \geq 3.0$  地震围成的空区; 上述 2 次地震发生后大武地震台尾波持续时间异常依然存在, 长宁、湟源和西宁台水气趋势异常仍然持续。据此认为库玛断裂带存在发生强震的背景。

**关键词:** 青海; 库玛断裂带; 地震活动趋势

中图分类号: P315.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2001)02-0155-05

## 0 前言

1999 年 9 月 27 日在青海省黄南州河南县发生了  $M_S5.1$  地震, 11 月 26 日在果洛州玛沁地区又发生了  $M_S5.0$  地震。2 次地震相距 120 多公里。玛沁 5.0 级地震位于库玛断裂带上。库玛断裂带是贯穿青海中部的一条十分重要的活动断裂带, 近百年来发生过 3 次  $M_S \geq 7$  强震。河南—玛沁地区的强震活动与库玛断裂带的强震活动有明显的对应关系。因此上述 2 次地震发生后, 库玛断裂带的地震活动趋势如何, 这是值得进行研究的。

## 1 库玛断裂带的地质构造特征

库玛断裂带西起青海和新疆交界处的鲸鱼湖以西, 向东经库赛湖、东、西大滩、阿拉克湖、托索湖、下大武、玛沁至甘肃省玛曲以东, 绵延千余公里, 构成秦祁昆块体与可可西里—巴颜喀拉块体的分界线。该断裂发育历史悠久, 具有长期活动和现代活动强烈的特点, 自第三纪以来有明显的多期活动迹象, 尤其是全新世的活动非常强烈。沿该断裂带多处可见老地层逆冲于全新统之上, 地震造成的陡坎、鼓包、凹坑、地裂缝、鼓梁、沟槽、断塞塘、崩塌、断错水系和阶地等广泛发育。由于多次大地震的重复发生, 沿该断裂带形成了规模壮观的相互叠加的地震形变带<sup>[1]</sup>。

## 2 河南 5.1 级和玛沁 5.0 级地震后库玛断裂带地震活动趋势分析

### 2.1 河南—玛沁地区强震活动与库玛断裂带强震活动的关系

河南—玛沁地区的中强地震与库玛断裂带的强震活动有明显的对应关系, 如 1931 年河南县西南发生 5.5 级地震后, 间隔 6 年, 于 1937 年在库玛断裂带中段的花石峡发生了 7.5 级地震; 1958 年同德西南发生了 5.1 级地震之后, 间隔 5 年于 1963 年在库玛断裂带中段的洪水川发生了 7.0 级地震; 1970 年河南西发生 4.8 级地震后, 仅隔 1 年于 1971 年在库玛断裂带中段的托索湖发生了 6.8 级地震. 在 28 年之后, 河南—玛沁地区相继发生 5.1 级和 5.0 级 2 次地震. 河南 5.1 级地震发生于 1999 年 9 月 27 日, 微观震中为  $34.6^{\circ}\text{N}, 101.4^{\circ}\text{E}$ . 玛沁 5.0 级地震发生于 1999 年 11 月 26 日, 微观震中为  $34.5^{\circ}\text{N}, 99.8^{\circ}\text{E}$ . 2 次地震的震源机制解见表 1<sup>[2]</sup> 和图 1.

表 1 河南  $M_S 5.1$  和玛沁  $M_S 5.0$  地震震源机制参数

地震	A 节面		B 节面		P 轴		T 轴		N 轴	
	倾向	倾角	倾向	倾角	走向	倾角	走向	倾角	走向	倾角
河南县 $M_S 5.1$	$281^{\circ}$	$47^{\circ}$	$105^{\circ}$	$43^{\circ}$	$283^{\circ}$	$2^{\circ}$	$147^{\circ}$	$87^{\circ}$	$13^{\circ}$	$2^{\circ}$
玛沁 $M_S 5.0$	$274^{\circ}$	$68^{\circ}$	$38^{\circ}$	$34^{\circ}$	$71^{\circ}$	$19^{\circ}$	$320^{\circ}$	$58^{\circ}$	$165^{\circ}$	$20^{\circ}$

从震源机制解可以看出, 河南 5.1 级地震的 P 轴方向为  $283^{\circ}$  (或  $103^{\circ}$ ), 显示应力场的主压应力方向为近 EW 向, 发震断层的活动方式为逆冲, 几乎无走滑分量. 玛沁 5.0 级地震的 P 轴方向为  $71^{\circ}$  (或  $251^{\circ}$ ), 显示主压应力方向也为近 EW 向, 发震断层的活动方式为逆冲兼平移错动, 垂直位移大于水平位移. 2 次地震显示的应力场主压应力方向和发震断层活动特征与库玛断裂带中东段在近 EW 向主压应力作用下的逆冲运动特征相符合.

2.2 地震活动特征

图 2 给出了库玛断裂带 1980 年以来的  $M_L \geq 2.0$  地震频次. 由图可见, 1990 年共和 7.0 级地震前 1 年左右, 1995 年玛多 6.2 级地震前 3 年左右, 均出现了小震活动的高频次异常. 从 1997 年底至 2000 年初再次出现了  $M_L \geq 2.0$  地震高频次异常, 1999 年 9~11 月还发生了河南 5.1 级和玛

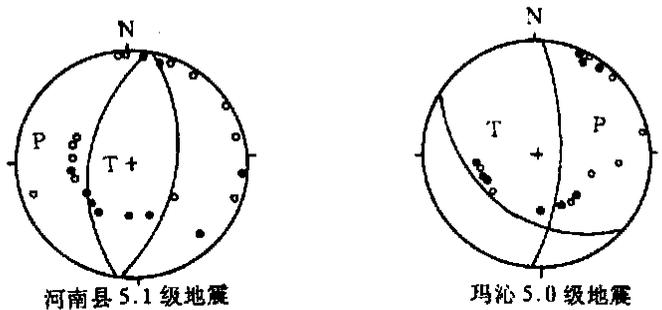


图 1 河南  $M_S 5.1$  和玛沁  $M_S 5.0$  地震的震源机制解

Fig. 1 The focal mechanism solutions of the Henan  $M_S 5.1$  earthquake and the Maqin  $M_S 5.0$  earthquake.

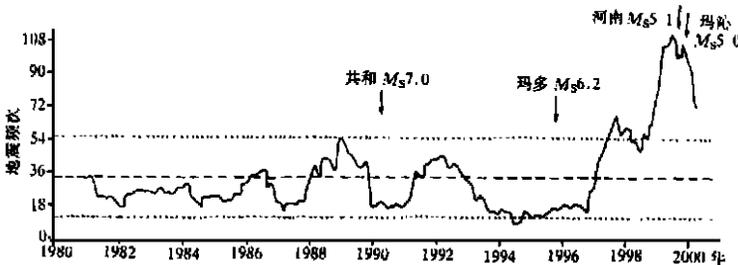


图 2 1980 年以来库玛断裂带  $M_L \geq 2.0$  地震频次曲线

Fig. 2 Frequency curve of  $M_L \geq 2.0$  earthquakes along Kuma fault zone since 1980.

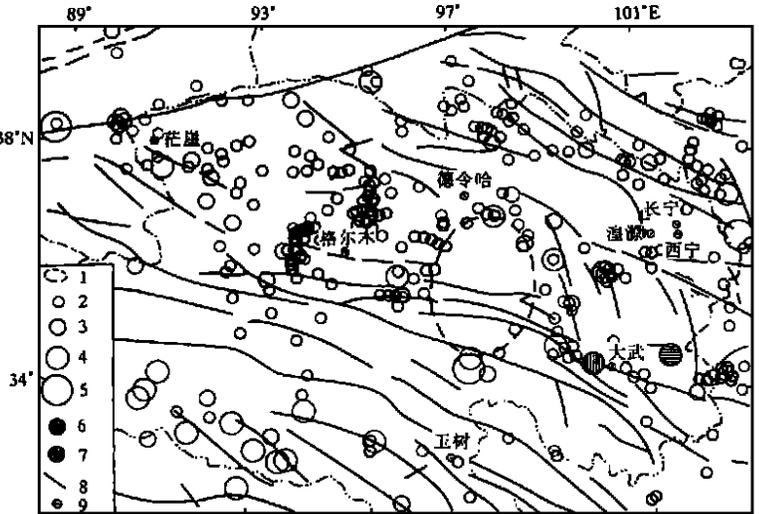
沁 5.0 级地震, 很明显, 在此时段内小震高频次异常幅度比共和 7.0 级和玛多 6.2 级地震前的异常幅度大, 持续时间也长. 将河南 5.1 级和玛沁 5.0 级地震作为上述小震高频次异常所对应的地震, 震级似乎不够大.

### 2.3 孕震空区

在库玛断裂带中东段自 1994 年 11 月开始形成一个  $M_L \geq 3.0$  地震空区, 见图 3. 至 2000 年 4 月底在距空区中心 100 km 范围内无 3 级以上地震发生, 空区外围地震活跃, 在空区的东西二端有显著震群活动. 尤其是空区东端的玛曲地区, 从 1998 年 7 月开始中小地震活动异常活跃, 在短短的 1 年时间内先后发生 4 次突出的震群活动, 而且震级无衰减, 其参数均符合前兆震群的判别指标<sup>①</sup>. 该空区已持续 5 年, 河南 5.1 级和玛沁 5.0 级地震发生后该空区未解除.

### 2.4 地震波特征

从 1988 年以来, 大武地震台记录的尾波持续时间基值为 1.25. 在 1990 年共和 7.0 级和景泰 6.2 级地震前该值低于 1.25, 显示出低值异常. 震后尾波持续时间高于 1.25. 在 1999 年河南 5.1 级和玛沁 5.0 级地震前, 该值从 1997 年 10 月开始下降, 低于 1.25, 然后在低值异常范围内波动, 临震前稍有回转, 见图 4.



1 孕震空区; 2  $M_L=3.0\sim 3.9$ ; 3  $M_L=4.0\sim 4.9$ ; 4  $M_L=5.0\sim 5.9$ ; 5  $M_L=6.0\sim 6.9$ ; 6 河南  $M_S$ 5.1 地震; 7 玛沁  $M_S$ 5.0 地震; 8 断裂; 9 台站

图 3 库玛断裂带中东段的孕震空区

Fig. 3 The seismogenic gap of east mid section of Kuma fault zone.

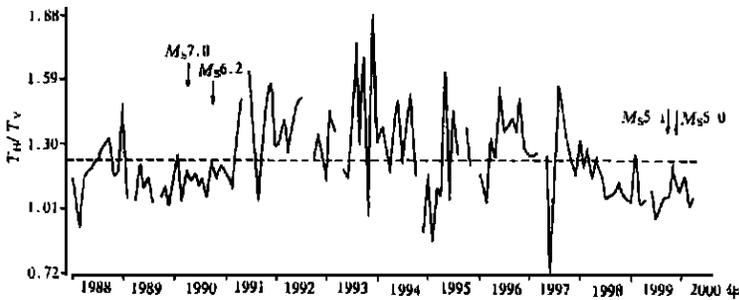


图 4 大武地震台尾波持续时间曲线

Fig. 4 Coda lasting time of Dawu seismostation.

1988 年以来大武地震台的 S 波衰减率的基值为 1.01. 在 1990 年共和 7.0 级和景泰 6.2 级地震前该台的 S 波衰减率低值异常非常明显, 异常形态完善, 震后逐步趋于正常. 在 1999 年河南和玛沁地震前, 从 1997 年 10 月开始出现 S 波衰减率低值异常, 持续到 1999 年 6 月. 震前

① 马文静, 等. 青海省 1999 年下半年地震趋势研究报告, 1999. 2-7.

3 个月恢复.震后在基值线附近波动,然后恢复正常,见图 5.

在河南 5.1 级和玛沁 5.0 级地震发生后, S 波衰减率虽然恢复正常,但是尾波持续时间在震前似乎有一次临时的恢复,之后又在异常范围内波动.尾波持续时间异常依然存在.

### 2.5 前兆异常

在河南 5.1 级和玛沁 5.0 级地震前,西宁、湟源和长宁台水氡出现中长期及短临异常,见图 6.

这 3 个台的水氡异常均始于 1996 年 10 月,具有较好的同步性,异常形态相似,都表现为低值异常,异常幅度为 7~43 Bq/L.到震前 5 个月左右,即 1999 年 4 月,湟源和西宁水氡测值上升.临震前,在 1999 年 9 月 23 日西宁水氡测值从原来的 13.5 Bq/L 突降到 3.3 Bq/L,之后发生了河南 5.1 级地震.在 11 月 25 日又出现了一次低值突跳,但幅度不大,之后发生了玛沁 5.0 级地震.河南 5.1 级地震前在 1999 年 9 月 26 日湟源水氡由原来的 48 Bq/L 突升到 57.2 Bq/L,在玛沁 5.0 级地震前也出现了一次突跳.

上述水氡前兆虽然对应了河南和玛沁地震,但是长宁、湟源和西宁台距离这 2 次地震的震中都较远,震中距均为 200 多公里.由于地震前兆异常应主要出现在震源区,因此将这 3 个台的水氡异常变化认定为这 2 次地震的前兆似乎较为勉强.长宁、湟源和西宁地区的水氡变化是否是库玛断裂带东段地震活动的远场效应,或者说是一个敏感区,是值得进行研究的.而且河南和玛沁地震发生后,3 个台水氡的长趋势低值异常未能恢复,而是依然持续发展,这是应该注意并进行研究的.

### 3 结论

通过以上的分析和讨论,可以认为库玛断裂带存在发生强震的背景条件.另外,利用本文前述的孕震空区的形成时间(截止 2000 年 4 月)和围空区长轴长度,根据文献[3]所给出的公式计算出未来强震的震级为  $7.00 \pm 0.52$  和  $7.09 \pm 0.61$ ,因此未来主震的震级很可能为 7.0 级左右.对未来强震发生的时间目前还无法进行预测.

#### [参考文献]

- [1] 涂德龙,孙洪斌,许勤.青海省玛沁县 5.0 级地震的烈度分布及其构造环境[J].高原地震,2000,12(1):22-25.
- [2] 都昌庭,刘旭宙.1999 年青海省三次 5 级以上地震震源机制[J].高原地震,2000,12(1):71-72.
- [3] 孙其政,张国民,李宣璐,等.测震学分析预报方法[M].北京:地震出版社,1997.105-107.

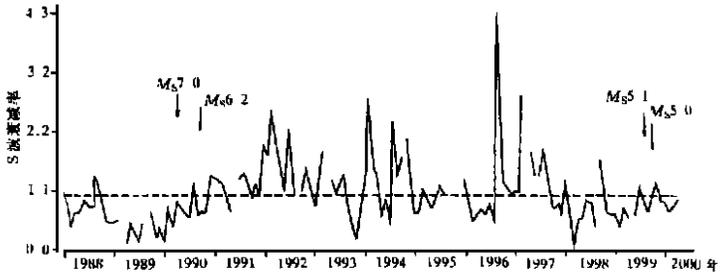


图 5 大武地震台 S 波衰减率曲线  
Fig. 5 Attenuation curve of S wave of Dawu seismostation.

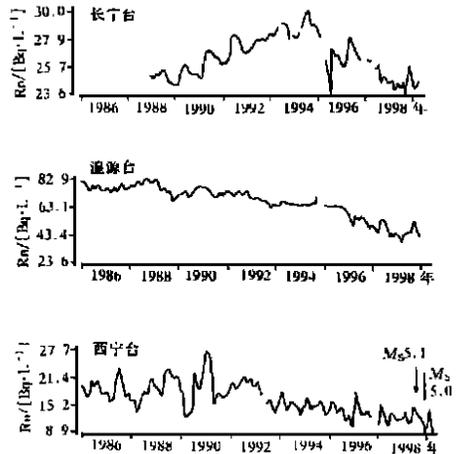


图 6 长宁、湟源和西宁台水氡变化曲线  
Fig. 6 Curves of radon content in groundwater observed by Changning, Huangyuan and Xining stations.

## A STUDY ON EARTHQUAKE TREND OF KUMA FAULT ZONE AFTER THE HENAN $M_s5.1$ AND MAQIN $M_s5.0$ EARTHQUAKES IN QINGHAI PROVINCE

DU Chang-ting<sup>1</sup>, Yang Guang-hua<sup>2</sup>

(1. *Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001, China;*

2. *Dulan Seismostation, Qinghai Province, Dulan 816100, China*)

**Abstract:** The earthquake trend of Kuma fault zone after the Henan  $M_s 5.1$  and the Maqin  $M_s 5.0$  earthquakes is analyzed and discussed on the basis of seismicity, anomalous changes of coda lasting time by Dawu seismic station and radon contents in groundwater by Changning, Huanyuan and Xining stations. The results show that there is an obvious corresponding relation between mid-strong earthquakes in Henan—Maqin area and strong earthquakes along Kuma fault zone. There is a gap by  $M_L \geq 3.0$  earthquakes at middle section of the Kuma fault zone. Anomaly of the coda lasting time still exists and the trend anomalies of radon content in groundwater still continue. Therefore, there is a background of strong earthquake along the Kuma fault zone after the two earthquakes.

**Key words:** Qinghai; Kuma fault zone; Seismicity trend of earthquake

(上接 154 页)

[1] 郭增建. 由立交模式讨论地震预报[J]. 西北地震学报, 1985, 17(1): 95—101.

[2] 白超英, 秦保燕. 深部剪切形变带对浅源地震控制的讨论——“立交模式”三维有限元的模拟计算[J]. 西北地震学报, 1990, 22(1): 1—11.

[3] 周硕愚. 系统科学导引[M]. 北京: 地震出版社, 1988. 110—128.

[4] 白超英. 成组中强震前后小震的时空活动特征[J]. 华南地震, 1998, 18(2): 47—52.

## THE TIME-SPACE EVOLUTION OF SEISMICITY PATTERN BEFORE AND AFTER GROUP MEDIUM-STRONG EARTHQUAKES IN XINJIANG REGION

BAI Chao-ying, WANG Xiao-rong

(*Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China*)

**Abstract:** Based on the “focus trigger-system response” seismogenic model, the time-space evolution characters of seismicity pattern before and after group strong earthquakes in Xinjiang region from 1996 to 1998 are discussed and analyzed. The signal inducing earthquake is defined. The relation between the signal inducing earthquakes and succeeding strong earthquakes is studied. The results show that the medium earthquake activity area that is triggered by strong earthquake and its border may be a dangerous region of future strong earthquake. The signal inducing earthquake within two days after the strong earthquake or its strong aftershock has forecast significance. There is a very fair possibility of strong earthquake with magnitude larger than that of the signal earthquake by  $0.5 \sim 2$  to occur in range of 200 km around the signal event within 3 years after the event. Finally a preliminary discussion on the mechanism of group strong earthquake activity is made.

**Key words:** Xinjiang; Strong earthquake; Seismicity feature; Signal inducing earthquake