

25-29, 83  
祁连山地震带地震活动特征研究\*朱子政 姚吉禄 杨建辉  
(甘肃省张掖地区地震局, 张掖 734000)

P 315.5

**摘要** 通过对  $M-t$  图、频度图、震中分布图的细致分析以及相关地震的统计分析指出祁连山地震带5级以上地震活动具有明显的周期性特征, 由东向西迁移特征以及与唐古拉山西段及澜沧、孟连地区地震活动相关的特征。

**关键词** 祁连山 地震活动特征 地震迁移 地震带

## 1 前言

祁连山地震带自本世纪20年代至50年代初经历了一个强烈的活动时段, 曾发生一次8级地震和两次7级以上地震。60年代到70年代处于相对平静阶段。80年代以来又开始活动。从1980年至现在已发生5级以上中强地震18次, 其中6级以上地震3次, 最大震级6.4。近几年来, 祁连山地震带中西段和中东段被分别列为全国地震重点监视防御区和地震重点危险区。重点监视防御区和地震重点危险区几乎包括了祁连山地震带的绝大部分。因此, 祁连山地区中强以上地震的短临跟踪和预报就成了地震部门非常紧迫而又十分棘手的课题。

大量震例及全国实用化攻关研究结果表明, 由于地质构造和应力状态的复杂性, 使得不同构造带或不同地区地震活动状态存在着明显的差异和不同的特征, 即具有明显的区域性特性。因此, 特定区域的地震短临异常跟踪和预报也必须从深入探索研究本区域地震活动特征和前兆特征入手。本文着重讨论祁连山地震带地震活动特征, 并从中分析总结有利于该带地震中短期形势估计以及短临跟踪预报的地震活动特征的指标。

## 2 周期性特征

祁连山地震带总体上呈北西西向展布, 东端与南北地震带相接, 西与阿尔金山地震带毗邻; 北界在金塔、龙首山, 南界进入青海境内。带内以北西西向深大断裂为主, 其次为东北向深断裂和北西向断裂, 其中北西西向深大断裂自全新世以来具有强烈活动, 是主要孕震构造之一。研究区域内主要地质构造如图1所示, 图中还标出了区内1900年以前所发生的6级以上地震和1900年以后5级以上地震。 $M-t$ 图见图2。

$M-t$ 图清晰地显示出祁连山地震带的地震活动自1927年开始进入强震活跃期, 截止1996年底已发生5.7级以上地震19次, 其中8级特大地震1次, 7.0~7.5级地震2次, 释放的总能量达 $8.053 \times 10^{23}$ 尔格。若将连续5年以上无5.7级地震或一次5.7级地震前后各5年以内无5.7级以上地震者视为平静期, 则本活跃期又可分为3个活动幕(图3)。以5级以上地

\* 国家地震局地震科学联合基金资助项目

收稿日期: 1997-04-25

第一作者简介: 朱子政, 男, 1944年11月出生, 高级工程师, 从事地震综合防御和地震前兆短临异常研究。

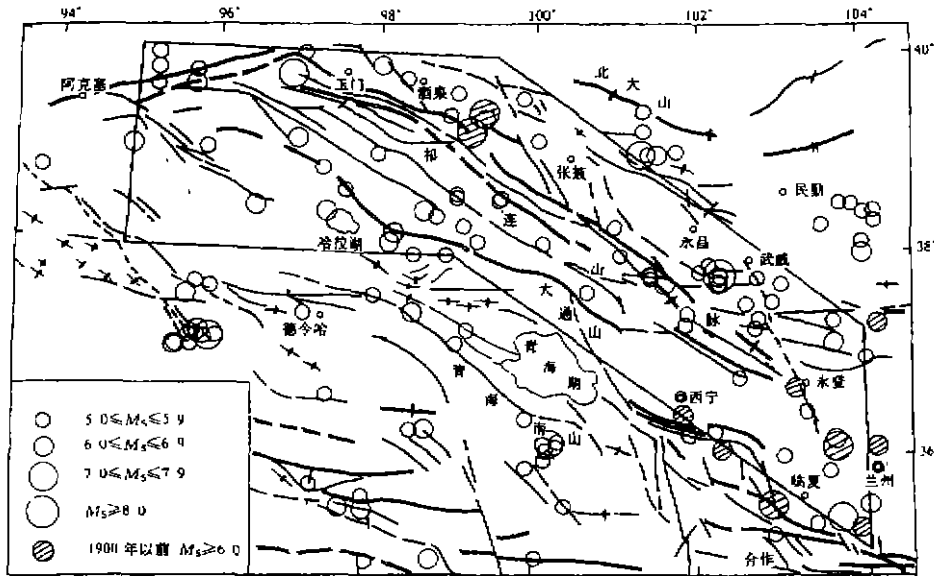


图1 祁连山地震带及其震中分布

Fig.1 The Mt. Qilian earthquake zone and epicenter distribution.

震的5年滑动频次作图与图3的结果极为近似(图4)。各幕的划分及其活动特点见表1。

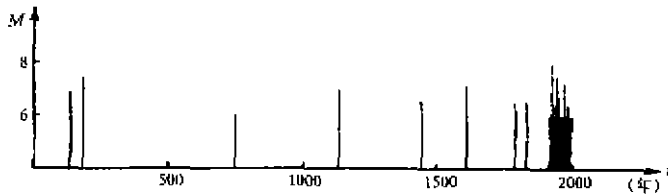


图2 祁连山地震带 M-t 图

Fig.2 The M-t diagram of Mt. Qilian earthquake zone.

从表内所列数据可看出, 平静期内5.7级以上地震的年频次在0.1以下, 而活动幕内5.7级以上地震年频次为0.4以上, 第一活动幕最为剧烈, 发生7.5级地震和8级特大地震各一次, 释放的能量占祁连山地震带本世纪以来释放总能量的94%。第二和第三活动幕活动强度依次衰减, 第二幕发生7级以上地震只一次, 最大震级为7.3, 所释放的能量占总数的5.13%, 而第三幕最大震级为6.4, 从整个活跃期的衰减趋势和1986年以来地震活动实际状况来看, 目前祁连山地震带处于整个活跃期衰减段的尾声, 第三幕主要是以中强地震为主, 至本世纪末该带还不至于发生7级以上地震, 这一结果对祁连山地震带今后地震形势的估计有一定参考意义。

震的5年滑动频次作图与图3的结果极为近似(图4)。各幕的划分及其活动特点见表1。

### 3 地震迁移特征

祁连山地震带的地震时空分布表明, 地震活动有沿祁连山构造从东向西迁移的特点。郭增建教授早在60年代中期就指出, 祁连山地震带上7级以上大震有从东向西迁移的现象<sup>[1]</sup>(图5a)。进一步分析研究不难发现, 80年代

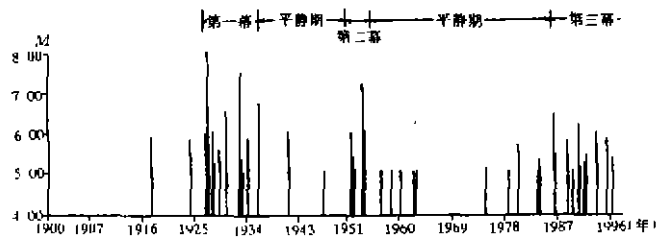


图3 1900年以来祁连山地震带 M-t 图

Fig.3 The M-t diagram of Mt. Qilian earthquake zone since 1900.

以来的中强地震同样具有从东向西迁移的特点,一般每轮迁移的首发地震在 101°E 以东,结尾地震在 98.5°E 以西,具体震例如下:

表 1 祁连山地震带地震活动分期

各幕划分	起始时间	持续 时间(年)	$M_S \geq 5.7$ 地震		$M_S \geq 7.0$ 地震次数	最大震级 ( $M_S$ )	活动 地段
			次数	频次			
I 活动幕	1927~1936	10	10	1.00	2	8.0	东段、西段
平静期	1937~1950	14	1	0.07	0	6.0	
II 活动幕	1951~1954	4	3	0.78	1	7.3	西段、中段
平静期	1955~1985	31	0	0	0	5.6	
III 活动幕	1986~?	大于 10	(5)	(0.45)	0	(6.4)	中段、东段、西段

(1) 1978 年 8 月 16 日民乐 5.0 级地震→1980 年 6 月 1 日肃北 5.6 级地震, 迁移时间间隔 21.5 个月(图 5b).

(2) 1982 年 4 月 14 日的海原 5.5→1984 年 1 月 6 日武威 5.3→1986 年 8 月 26 日门源 6.4→1988 年 11 月 28 日肃南 5.7→1989 年 9 月 21 日玉门南 5.0 级地震, 整个迁移过程 88 个月, 平均间隔 22 个月(图 5c).

(3) 1990 年 10 月 20 日天祝 6.2→1991 年 1 月 2 日祁连 5.1→1991 年 10 月 1 日皇城 5.2→1992 年 1 月 12 日嘉峪关 5.4 级地震, 整个迁移过程 15 个月, 平均间隔 5 个月(图 5d).

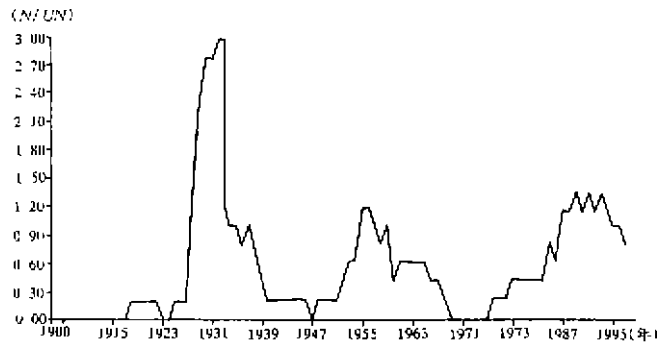


图 4 1900 年以来祁连山地震带  $M_S \geq 5.0$  地震滑动频次图

Fig. 4 Moving frequency diagram of  $M_S \geq 5.0$  events in Mt. Qilian earthquake zone since 1900.

(4) 1995 年 7 月 22 日永登 5.8→1996 年 6 月 1 日天祝 5.4→(祁连山中段)(图 5e).

上述现象在北祁连重复多次, 没有例外, 因而具有两种特殊意义: 其一, 可以根据此特征判断祁连山地区下一个中强地震的大体地段, 缩小跟踪预报的范围; 其二, 可根据每次迁移的平均时间间隔提出中短期估计. 这一结果, 对年度震情会商, 确定祁连山地震重点危险区位置能发挥一定作用. 1992 年嘉峪关 5.4 级和 1993 年托来 6.0 级地震后, 我们据此在《张掖地区 1995 年震情分析报告》中提出: 祁连山地震带新一轮迁移过程即将开始, 其首发地震应该在东端. 结果 1995 年 7 月 22 日在其东端的永登发生了 5.8 级地震. 我们在《张掖地区 1996 年震情分析报告》中又提出: 祁连山地区下一个中强震应该向西迁移, 到达中段或中东段. 1996

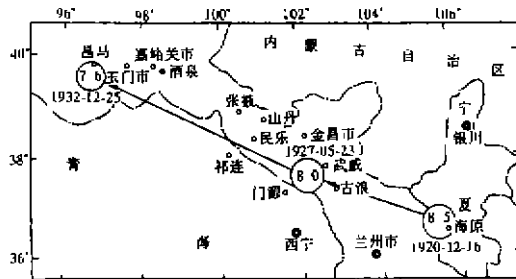


图 5a 1920~1932 年祁连山地震带  $M_S \geq 7.0$  地震震中迁移

Fig. 5a Epicenter migration of  $M_S \geq 7.0$  events in Mt. Qilian earthquake zone from 1920 to 1932.

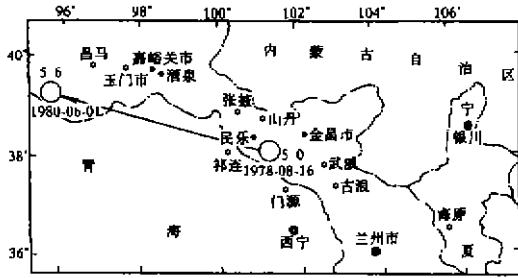


图 5b 1978-08~1980-06 祁连山地震带震中迁移

Fig. 5b Epicenter migration in the Mt. Qilian earthquake zone from Aug., 1978 to Jun., 1980.

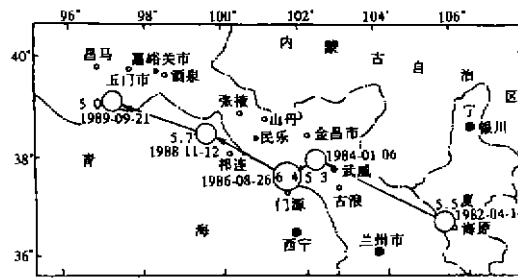


图 5c 1982-04~1989-09 祁连山地震带震中迁移

Fig. 5c Epicenter migration in the Mt. Qilian earthquake zone from Apr., 1982 to Sep., 1989.

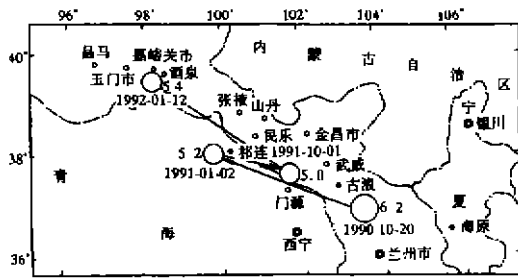


图 5d 1990-10~1992-01 祁连山地震带震中迁移

Fig. 5d Epicenter migration in Mt. Qilian earthquake zone from Oct., 1990 to Jan., 1992.

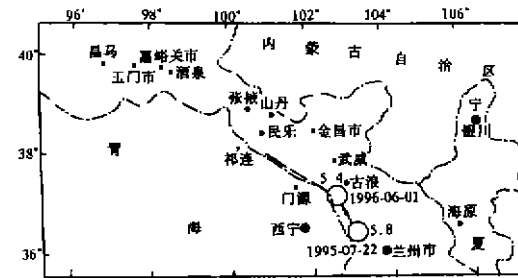


图 5e 1995-07 以来祁连山地震带震中迁移

Fig. 5e Epicenter migration in Mt. Qilian earthquake zone since Jul., 1995.

年 6 月 1 日在中东段的天祝发生 5.4 级地震. 以此类推, 认为祁连山地区的下一个中强地震可能发生在中段.

#### 4 与唐古拉山西段及澜沧-孟连地区地震活动的相关特征

在区域构造应力场的作用下, 沿主压应力方向相距甚远的不同构造带上所发生的中强以上地震在时间上有同步性, 人们称之为远程关联的相关地震. 甘肃省地震局分析预报部门早就注意到唐古拉山地区与甘肃及青海北部地区 6 级以上地震之间的呼应现象<sup>①</sup>. 青藏块体构造应力场主压应力方向是北东向, 祁连山地震带也恰好在唐古拉山地区的北东方向上. 经进一步分析研究, 发现 33°~35°N, 90°~92.5°E 范围内(即唐古拉山西段与乌兰乌拉湖地区)发生 5 级以上地震后几天到两个月内祁连山地震带就有 5 级以上地震与之呼应, 有着显著的相关性. 1980 年以来, 唐古拉山地区发生 5 级以上地震 17 次, 祁连山地震带上 5 级以上地震 18 次, 两个相关区共发生 5 级以上中强地震 35 次(表 2). 将唐古拉山地区发生 5 级以上地震后 2 个月内祁连山地震带发生相应地震视为正相关(这对祁连山中强以上地震短临预报有实际意义), 并作为是否相关的判定指标. 若 2 个月内祁连山地震带有一组中强地震与唐古拉山地区地震

① 国家地震局兰州地震研究所. 甘肃省一九九六年度地震趋势研究报告. 1995.

相呼应,则视作一次相关事件.若祁连山地震带上地震在前,唐古拉山地区地震在后,则视为负相关,负相关地震对祁连山地震带中强地震预报没有实际意义,不作为相关地震处理.根据上述原则进行统计,相关地震共9组.以此作为祁连山地震带中强地震短临预报依据的话,对应率为53%.若把相呼应的祁连山地震带扩大到36°N以北地区(即将青海共和的地震考虑在内),则相关地震有11组,对应率为65%.

表2 唐古拉山地区与甘肃及青海北部地区相关地震统计表

编号	相关区(33°~35°N, 90°~92.5°E)			祁连山地震带			$\Delta t$ (天)	是否 相关	前兆异常
	发震时间	地点	$M_S$	发震时间	地点	$M_S$			
1	1980-03-07	35.3°N, 91.6°E	5.6	1980-04-18	青海天峻	5.2	42	相关	
				1980-06-01	甘肃肃北	5.6	(86)		
2	1983-06-15	33.5°N, 92.0°E	5.5	1983-07-27	青海祁连	5.0	42	相关	
3	1983-11-06	33.7°N, 91.2°E	6.0	1984-01-06	甘肃九条岭	5.3	61	相关	
				1984-02-17	青海刚察	5.1	(103)		
4	1986-08-21	34.6°N, 91.6°E	6.5	1986-08-26	青海门源	6.4	5	相关	趋势异常一次
5	1986-09-12	34.5°N, 91.8°E	5.2	1986-09-17	青海门源	5.4	5	相关	
6	1988-11-05	34.3°N, 91.4°E	6.6	1988-11-22	甘肃肃南	5.7	17	相关	短期异常3项,短临2项
7	1988-11-26	34.6°N, 91.8°E	5.7	1988-12-04	甘肃肃南	5.1	8	相关	短期异常3项,短临2项
				1988-12-26	甘肃临泽	5.0	30		
8	1989-05-14	34.6°N, 92.4°E	5.4	1989-09-21	甘肃玉门南	5.0	(130)		
9	1990-06-02	32.7°N, 92.6°E	5.2	1990-10-20	甘肃天祝	6.2	(140)		趋势3项
10	1991-02-26	33.2°N, 91.4°E	5.5	1991-01-02	青海祁连	5.1	-55		
11	1991-08-11	33.5°N, 91.6°E	5.3	1991-10-01	青海门源	5.2	51	相关	短临5项
12	1991-12-23	34.2°N, 89.4°E	5.1	1992-01-12	甘肃嘉峪关	5.4	20	相关	短临2项
				1993-10-26	青海托来	5.8	(122)		
13	1994-01-21	34.4°N, 90.8°E	5.1	1994-01-02	青海共和	6.0	-20		短趋势1项,短临1项
14	1994-01-27	33.2°N, 92.5°E	5.7	1994-02-16	青海共和	5.8	20	相关	
15	1994-08-25	33.6°N, 92.8°E	5.2	1994-09-04	青海共和	5.2	10	相关	
				1994-09-24	青海共和	5.5	30		
				1994-10-01	青海共和	5.3	46		
16	1995-02-12	33.6°N, 92.7°E	5.2	1995-07-09	青海共和	5.3	(145)		
				1995-07-22	甘肃永登	5.8	(158)		
17	1995-11-06	33.2°N, 91.7°E	5.2	1996-06-01	甘肃天祝	5.4	(207)		

此外,云南澜沧、孟连地区(22.5°±0.5°N, 100°±0.5°E)7级地震,除有沿100°E左右依次北迁到达祁连山地震带发生中强以上地震的现象外,还有与祁连山地震带中强以上地震快速呼应的特点.例如:1988年11月6日澜沧、耿马7.2和7.6级地震后16天,即在1988年11月22日祁连山地震带的肃南发生5.7级地震;1995年7月12日孟连7.3级地震后10天,即在1995年7月22日永登发生5.8级地震.所以澜沧、孟连地区发生7级地震,对祁连山地震带5.5级以上地震有较好的短临指示意义.

典型震例: 1988-11-06 澜沧、耿马7.2、7.6级地震后16天 ⇒ 1988-11-22 肃南5.7级地震  
1988-11-05 唐古拉山地区6.6级地震后17天

(下转83页)

## 参考文献

- 1 城乡建设环境保护部环境保护局标准处. 国际环境保护标准. 北京: 中国环境科学出版社, 1986.
- 2 蔡祖煌, 石慧馨. 地震流体地质概论. 北京: 地震出版社, 1980.
- 3 刘运作. 常用放射性核素衰变纲图. 北京: 原子能出版社, 1981.

PRELIMINARY RESEARCH ON THE APPLICATION OF GROUND FLUID  
MONITORING DATA IN GANSU TO ENVIRONMENTAL PROTECTION

NI Mingkang

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

WANG Yali

(*Gansu Chinese Medicine College, Lanzhou 730000*)

LIU Yaowei

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

## Abstract

Analyses and comparison of the water quality of each monitoring station with national water quality standards were carried out based on the accumulated data for many years from earthquake monitoring net of ground fluid in Gansu Province. Dynamic analysis of some items was involved. The results show that water quality of springs in the region has been comparatively steady for more than 20 years. Water quality of most of springs, except a few, exceeds the national drinking water quality standards. However, this depends on the water source itself rather than pollution from surrounding environment.

**Key words** Ground water, Environmental protection, Gansu

\*\*\*\*\*  
(上接 29 页)

## 参考文献

- 1 郭增建, 秦保燕. 甘肃省的震中迁移现象. 地球物理学报, 1966, 15(2): 142~147.

STUDY ON THE SEISMICITY FEATURES OF MT. QILIAN SEISMIC ZONE

ZHU Zizheng YAO Jilu YANG Jianhui

(*Seismological Bureau of Zhangye Prefecture, Gansu, Zhangye 734000*)

## Abstract

Based on the detailed analysis of  $M-t$  diagram, frequency diagram and epicenter distribution diagram and the statistical analysis of correlative earthquakes, it is suggested that the  $M_s \geq 5$  events in the Mt. Qilian seismic zone are characterized by evident periodicity, migration from east to west and correlativity with the seismicity in west segment of Mt. Tanggula and Lancang-Menglian region.

**Key words** Mt. Qilian, Seismicity feature, Earthquake migration, Seismic belt