

甘肃祁连山地区中强地震前兆异常协调性特征

曹玲玲¹, 王宗礼², 钟 心¹

(1. 甘肃省地震局, 甘肃 兰州 73000; 2. 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 73000)

摘要:对 1990 年以来发生在甘肃祁连山地区 $M_s 5$ 以上地震前甘肃省内各前兆学科的异常特征进行了分析研究, 发现它们在时空变化上具有协调性特征, 但 $M_s 6$ 以上地震与 $M_s 5 \sim 6$ 地震的协调性表现虽然有许多相似的地方, 仍存在很明显的差别。

关键词: 祁连山地区; 中强地震; 多学科前兆; 协调性。

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2005)02-0178-04

The Harmonious Character of Multi-subject Precursors before Moderately Strong Earthquakes in Qilian Mountain Area, Gansu Province

CAO Ling-ling¹, WANG Zong-li², ZHONG Xin¹

(1. Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China;

2. National Laboratory of Western China's Environmental Systems of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Through studying on characters of multi-subject precursors before moderately strong earthquakes in Qilian area, Gansu province, since 1990, it is found that all kinds of precursors show harmonious character in temporal-spatial. The harmonious characters for $M_s \geq 6$ earthquake are obviously different from that for $M_s 5.0 \sim 5.9$ events, although there are similar characters in both.

Key words: Qilian mountain area; Moderate-strong earthquake; Multi-subject precursors; Harmonious character

0 引言

地震前兆特征的研究是地震准确预报的重要手段。经过这几十年的研究, 各个前兆学科推出了一批用于地震预测的前兆识别方法和异常判定指标, 在预报地震的时空强方面提出了许多统计方法和数学物理模型, 在多次地震的成功预报中发挥了重要的作用。但是由于单个学科的独立发展, 所形成的异常提取方法和预报指标多种多样, 相互之间的关系不明确, 相互矛盾的地方经常出现, 给提高预报效能带来很大困难。进行具有物理基础的前兆协调性特征研究, 是前兆研究可探索的一条新路。

1 资料选取

1.1 震例选取

地震学者多年的研究发现, 地震前兆具有明显的区域性特征, 基于同一地质构造背景是研究前兆特征的前提之一。甘肃祁连山地区是地震多发地区, 本文以该地区地震为研究对象。由于前兆资料始测时间的限制, 这里仅选取 1990 年以来发生在该地区 $M_s 5$ 以上的地震。1990 年以来, 该区发生 $M_s 5$ 以上地震 9 次, 其中 $M_s 6$ 以上地震 2 次, $M_s 5 \sim 5.9$ 地震 7 次, 震中分布见图 1。

1.2 资料概况

近年对震例的研究发现, 异常的范围不只限于经验公式^[1]统计的范围, 而是经常有远场异常出现。但是目前认为的远场异常几乎都是零星出现, 它是否是地震异常还有待于进一步研究和检验。考虑到地震预报的实用性, 本文对全省资料记录完整, 观测

收稿日期: 2004-07-12

基金项目: 兰州地震研究所青年基金资助课题(200424); 兰州地震研究所论者编号: LC20050031

作者简介: 曹玲玲(1972-), 女(汉族), 甘肃会宁人, 助理研究员, 主要从事地下流体预报地震研究。

持续时间比较长、映震能力比较好的共44个台站(其中地下水化学类18个,地电类11个,形变应变类8个,地下水物理类7个)进行分析。资料分析的起始时间为:1988年以前开始观测的从1988年开始;1988年以后开始观测的为其始测时间,结束时间为2003年10月31日。

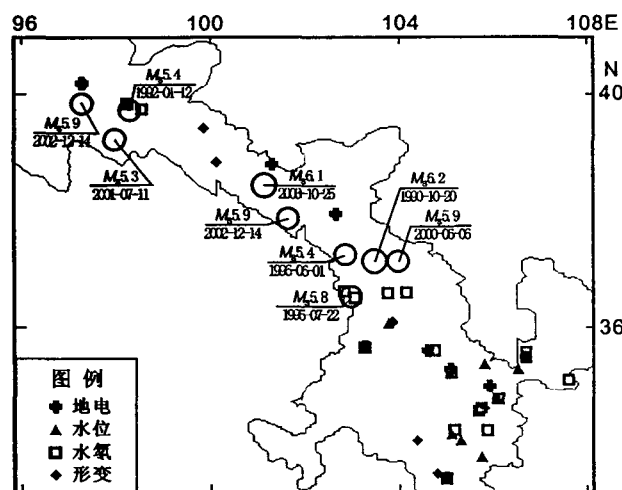


图1 1990年以来祁连山地区 $M_s \geq 5$ 以上地震和甘肃省前兆台站分布图

Fig. 1 Distribution of $M_s \geq 5.0$ earthquakes in Qilian Mt. area since 1990 and precursor stations in Gansu province.

2 各前兆学科协调性特征

2.1 $M_s 6$ 以上地震前兆协调性特征

$M_s 6$ 以上地震虽然只有两次,但仍表现出一定的协调性特征。

(1) 各学科趋势异常明显

在异常阶段性的划分上本文将震前3个月以上出现的异常定义为趋势性异常,震前3~1个月之间出现的异常定义为短期异常,震前一个月之内出现的异常为短临异常。

对于1990年10月22日景泰 $M_s 6.2$ 地震:地电学科出现异常的测点全有趋势异常显示;倾斜形变出现异常的4个测点有3个出现趋势异常变化;水位出现异常的4个测点全有趋势异常;水氡出现异常的7个测点中5个出现趋势异常。2003年10月25日民乐—山丹 $M_s 6.1$ 地震:地电学科出现异常的5个测点中有4个出现趋势异常;形变应变类异常5个中有3个出现趋势异常;水位4个异常测点中有2个出现了趋势异常;水氡12个异常测点中有8个出现了趋势异常。

综上分析可以看出,对于该区 $M_s 6$ 以上地震,

不管哪个前兆测项,出现异常的测点大多具有趋势性异常显示。同时对两次地震趋势异常的对比研究发现,震级越大,出现趋势性异常的测点的比例也越多。

(2) 各学科异常出现时间显示很好的阶段性

前兆异常的出现并不是在震前一段时间陆续均匀出现或者一同出现,而是显示出一定的阶段集中性,即在震前不同时段异常出现的集中度不同。这种阶段性与根据异常形态划分的趋势异常—短期异常—短临异常在时间上并不配套。对于1990年10月22日景泰 $M_s 6.2$ 地震,四种前兆学科第一批异常比较集中出现在1989年9月到1990年2月间,即震前1年到8个月之间;第二批异常比较集中出现在1990年5月到1990年8月,即震前6个月到3个月之间;第三批异常出现在震前一个月直至震前几小时,形态上显示出突变性变化。对于2003年10月25日民乐—山丹6.1级地震^[3],第一批异常出现在2002年12月到2003年4月,即震前8个月到震前6个月;第二批异常出现在2003年7月到8月,即震前4个月到三个月;第三批异常在时间上显得比较分散,在震前一个月到震前数小时。

通过以上分析发现,各学科前兆异常出现时间显示出很好的阶段集中性特征;震级大的地震,同批异常的起始时间距离发震较早。

(3) 短期异常出现时间具有同步性协调性特征

短期异常在形态上主要表现为原有趋势异常的转折,结束,转平,加速,陡变等等,当出现这种变化时预示着异常进入短期阶段。对于不同震级的地震,异常进入短期阶段的时间并不相同。

对于1990年10月22日景泰 $M_s 6.2$ 地震,短期异常集中出现在1990年7月中下旬到8月底;对2003年民乐 $M_s 6.1$ 地震的分析发现,各前兆学科短期异常(如图2)的出现也主要集中在2003年8月到9月初。两次地震都显示出各学科短期异常出现时间具有同步性协调性特征。同时也可以看出,虽然两次地震震级有一点差别,但短期异常的出现距发震间距并没有明显差别。

(4) 各前兆学科短临异常不明显

短临异常的识别是在时间上准确预报地震的重要依据。短临异常主要表现在短时期内异常的巨变,如突升、突降、阶变、突跳、阶跃等,通常出现在震前几个月。如果将其看作地震异常,很难在理论上给予合理的解释,大多很有可能是干扰引起,如果出现震前几天或几十天就是地震进入短临或临震的信

号。

不论是景泰地震还是民乐地震,各个学科短临震异常都不丰富。1990 年景泰地震:短临异常最多的只占出现异常总数的 25%;2003 年民乐—山丹地震短临异常只占出现异常总数的 20%。这也可能是一定震级范围内地震短临预报比较困难的重要原因。

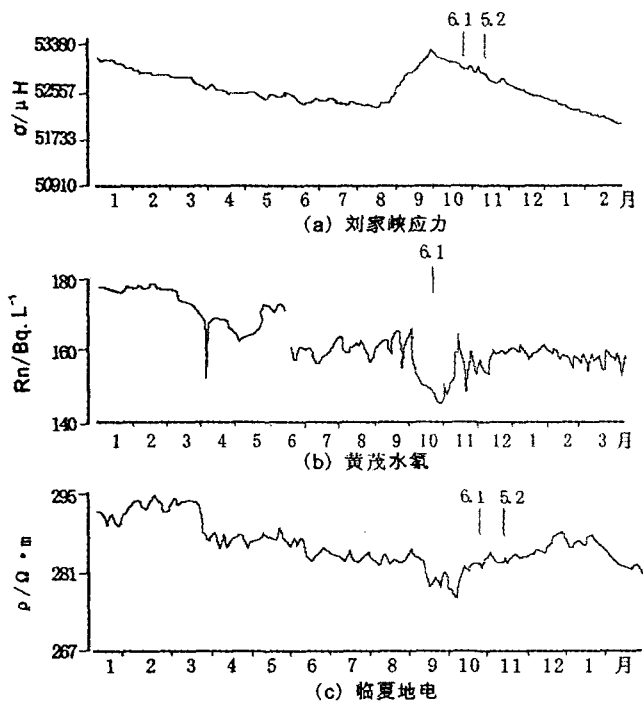


图 2 民乐—山丹 $M_s6.1$ 地震前各学科短期异常同步性变化图

Fig. 2 The unanimous change in time for all kinds of precursor subjects in short-term before Minle - Shandan $M_s6.1$ earthquake.

(5) 各学科趋势异常的出现时段与地震条带的存在时间具有很好的协调性

地震条带是地壳介质均匀性差、不稳定、易破坏的部位,理论上在这些地方前兆异常易于出现,在时间上也应该具有配套性。1990 年景泰地震各前兆学科趋势性异常的出现时间集中在 1989 年 9 月至 1990 年 2 月,而条带的存在时间为 1989 年 9 月至 1990 年 3 月,在时间上基本相同;2003 年 10 月 25 日民乐地震,各前兆学科趋势异常集中出现在 2002 年 12 月至 2003 年 4 月,震前出现的 M_L3 以上地震条带形成于 2003 年 1 月至 2003 年 4 月^[2],两者时间也几乎相同。两次地震都显示出各学科趋势异常出现比较集中的时间与地震条带的存在时间具有很好的协调性特征。

(6) 异常与震中距的关系

根据前人^[4]的研究成果,趋势异常一般表现为向外围扩散,短临异常向震中收缩。对甘肃祁连山地区 1990 年景泰和 2003 年民乐两次 M_s6 以上地震研究发现,异常的时空关系并不是那么简单,而是与地质构造背景以及“场兆区”和“源兆区”有紧密的关系。趋势异常在场区出现较早,并且比较集中,而震中区比较稀少,场兆区趋势异常向外扩散的时空转移特征很明显。临震异常出现比较分散,并且没有明显的时空转移特征。

2.2 $M_s5\sim5.9$ 地震协调性特征

(1) 各学科异常都在震前 1 年内出现

表 1 列出了甘肃祁连山地区 $M_s5\sim5.9$ 地震各前兆学科最早出现异常的时间,看出每次地震前各前兆学科异常的最早出现时间距离发震都在 1 年之内,集中出现在震前 8 个月之内。

表 1 $M_s5\sim5.9$ 地震各前兆学科异常起始时间统计表

地震			地电	倾斜形变	水位	水氧
时间	地点	震级/ M_s				
1995-07-22	永登	5.8	1994-12	1994-11	1994-11	1994-11
1996-06-01	天祝	5.4	1995-12	1995-08	1995-12	1995-11
2000-06-06	景泰	5.9	1999-11	1999-12	1999-06	2000-01
2001-07-11	肃南	5.3	2000-01	2000-11	2001-03	2000-10
2002-12-14	玉门	5.9	2000-03	2000-05	2000-06	2000-04

(2) 各前兆学科转折型短期异常数量低于单一型短期异常

根据刘耀炜研究员对流体短期异常特征的研究结果^①,期异常可分为转折型短期异常和单一型短期异常。根据此种划分,笔者对研究区 $M_s5\sim5.9$ 地震各前兆学科短期异常进行了统计(表 2),结果表明,不论是哪个地震还是哪个前兆测项,单一型短期异常都明显高于转折型短期异常,有的甚至是倍数关系。其中玉门地震地电测项有些差别,可能是玉门地震发生在前兆测项比较弱的地区,其震中西面和附近没有测项,因此出现了短临异常比较少的现象。

表 2 各前兆学科转折型异常与单一型异常的比例

地震			电	形变应变	水位	水氧
			(单一型 / 复合性)	(单一型 / 复合性)	(单一型 / 复合性)	(单一型 / 复合性)
时间	地点	震级/ M_s				
1995-07-22	永登	5.8	3/2	1/0	3/0	3/2
1996-06-01	天祝	5.4	2/1	1/0	1/1	4/0
2000-06-06	景泰	5.9	2/1	1/1	2/0	10/1
2001-07-11	肃南	5.3	4/1	0/0	3/0	
2002-12-14	玉门	5.9	0/3	1/1	0/0	2/1

① 刘耀炜,牛安福,卢军.国家“十五”科技攻关专题研究报告:强震短期前兆异常特征的物理分析和解释.2003.

(3) 短期异常的出现时间具有同步性

短期异常在时间上为震前3个月之内出现的异常,在形态上表现为原有趋势异常的改变或正常背景上的快速变化,但是在进行地震预报时只能从形态上判断异常是否为地震短期异常变化。研究区几次 $M_s5 \sim 5.9$ 地震研究发现,短期异常的出现与震中距没有明显的关系,也不是在震前3个月之内均匀的出现,而是集中出现在某个月之内。如1996年6月1日天祝 $M_s5.4$ 地震各学科短期异常比较集中出现在1996年4月;2000年6月6日景泰 $M_s5.9$ 地震各学科短期异常在2000年4月显得相对集中。具有明显的同步性协调性特征

(4) 短临临震异常不显著

短临临震异常在形态中主要表现为突变性异常,是孕震区不稳定的信息显示。对祁连山 $M_s5 \sim 5.9$ 地震的分析发现,尽管每次地震各个前兆学科趋势异常和短期异常比较丰富,但短临临震异常都比较少。

(5) 异常与震中距的关系

$M_s5 \sim 5.9$ 地震各学科异常的时空关系与构造有关系,与异常出现在场兆区还是源兆区也有很大的关系。趋势异常一般出现在离震源较远的地区,向外迁移的时空转移特征比较明显;源区趋势异常比较少,迁移特征不明显;各学科短临异常分布很分散,没有优势分布现象,也没有明显的向震中迁移的特征。

3 M_s6 以上地震与 $M_s5 \sim 5.9$ 地震前兆差异性分析

上面已对祁连山地区 M_s6 以上和 $M_s5 \sim 5.9$ 地震前各前兆学科异常协调性特征进行了分析。它们有很多相似的地方,如短临临震异常不显著,短期异常出现时间具有同步性协调性特征等等,但它们之间也具有明显的差异性,其差异性主要表现在:

(1) M_s6 以上地震趋势异常比 $M_s5 \sim 5.9$ 地震丰富:前者的地震趋势异常在全部异常中占有很大的比例,而后者地震趋势异常的比例相对较小。

(2) M_s6 以上地震各学科异常的最早出现时间距发震较早,一般为震前1年左右;而 $M_s5 \sim 5.9$ 地震各学科异常的最早出现时间距发震较晚,一般为震前8个月左右。

(3) M_s6 以上地震趋势异常的比较集中出现的时间与测震学指标,如条带的存在时间具有很好的协调性特征,而 $M_s5 \sim 5.9$ 地震前条带并不明显。

4 问题讨论

(1) 由于异常的确认没有统一的标准,具有很大的人为性,另外有些非地震因素引起的异常与地震发生的巧合很难从地震异常中剔除掉,导致提取出的异常的可靠性很难保证;同时,由于中强地震的发生存在阶段性,在活跃期,中强地震的发生间隔有时不到一年,地震的异常会相互叠加或震后效应引起的地震与下次地震的异常很难区分,造成异常起始时间和结束时间很难界定。

(2) 台站分布的不合理造成了统计结果有可能存在偏差。虽然目前研究认为异常的对应范围可以很大,事实上震中距很大的异常只是零星存在,它的可靠性有待进一步研究。往往震中距一定范围内异常比较丰富。如果地震周围观测台站过于稀少,统计出的结果与台站比较集中地区统计出的结果存在差异,这有可能就是台站分布的不合理引起的。甘肃祁连山地区特别是西段前兆台站特别稀少,而甘东南台站相对比较密集。因此对研究结果可能造成影响。

(3) 由于有完整前兆资料记录以来,甘肃祁连山地区 M_s5 以上地震比较少,特别是 M_s6 以上地震只有2次,作为统计研究样本量明显比较少,因此本文研究结果的可靠性还有待于进一步检验。

[参考文献]

- [1] 郭增建,秦保燕.地震成因和地震预报[M].北京:地震出版社,1991.97-120.
- [2] 董治平,赵广望,马尔曼,等.2003年10月25日甘肃民乐一山丹6.1,5.8级地震[J].甘肃科学学报,2004,16(3):49-53.
- [3] 杨立明,王兰民.民乐一山丹6.1级地震短期预报的科学总结[J].西北地震学报,2004,26(1):1-9.
- [4] 李宜翔.水氢异常的扩散收缩现象[J].地震,1981,(5):41-43.
- [5] 杜学彬,李步云,刘耀炜.1995年永登5.8级地震多种前兆异常特征[J].西北地震学报,1997,21(4):19-24.
- [6] 陈荣华.2002年12月14日玉门5.9级地震现场趋势判断及其思考[J].西北地震学报,2004,26(2):183-185.
- [7] 柴积章,马禾青,金春华.祁连山一六盘山地震带中强地震活动特点及震前异常特征[J].西北地震学报,2003,25(4):354-358.