

甘东南地区中强地震多学科 前兆协调性特征研究

曹玲玲¹, 蒋子琬², 王宗礼³

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 清水县地震局, 甘肃 清水 741400; 3. 中国科学院兰州地质研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:通过对发生在甘东南地区三次中强地震前 4 个前兆学科以及测震学指标的研究, 发现各学科前兆异常在时空上表现出很好的协调性特征. 主要表现在: 各学科异常持续时间均较短; 各异常以中短期为主, 有一定中期异常, 临震异常不明显; 从震前 1 年到短临阶段异常显示出向震中迁移的迹象; 各异常点集中分布在低 b 值异常区. 讨论了前兆协调性与地下流体和深部热物质的运移的关系.

关键词:甘东南; 中强地震; 前兆; 协调性

中图分类号: P315.72 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)03-0258-05

0 序言

利用地震前兆进行地震预测预报目前仍没有取得明显的进展, 要从前兆形成的机理上解决地震预报问题还不太现实. 机理理论的研究结果只能解释其中一部分地震前兆现象, 因此震例研究仍然是地震预测预报研究的主要方法. 一些知名的地球物理学家也投入了震例分析的研究中, 如印度国家地球物理研究所的 Gupta 教授在 1986 年依据前兆震群的概念和主震前的平静, 对印度东北北部地区的一次 7.5 级地震 (1988 年 8 月 6 日) 进行了中期预报, 地震三要素都与其发布的预报相吻合; 美国阿拉斯加大学地球物理研究所的 M. Wyss 以震前平静和前震现象研究了 1994 年 12 月三陆海外 7.5 级地震震例结果; 英国爱丁堡大学地质和地球物理系 S. Crampin 教授根据冰岛野外 3 个台站的实际资料发布了一次 5.0 级地震, 认为是成功短临预报的实例. 由于传统的前兆预报方法已经遇到无法解决的困难, 我们认为从前兆特征出发, 研究具有物理基础的前兆协调性特征, 可以提出更可靠的地震预报指标.

1 资料选取

本文所指的甘东南地区包括张家川、天水、秦安、武山、甘谷、漳县、通渭、清水、宕昌、迭部、礼县、西和、武都、静宁、庄浪以及宁夏的固原附近地区, 大致范围在 $33.5^{\circ} \sim 35.6^{\circ} \text{N}$, $104^{\circ} \sim 106.5^{\circ} \text{E}$.

选取资料记录完整, 观测时间比较长、映震能力比较好的台站^[1]及观测台站比较多的前兆学科, 主要是水氡、水位、流量、地电以及测震学指标 (b 值、孕震空区, 小震调制比等), 具体见表 1.

选取有完整资料记录、发生在甘东南地区以及与该区有相似地震背景的固原地区的三次中强地震^[2]为研究对象, 即: 1987 年 1 月迭部 $M_s 5.9$ 地震、1987 年 11 月礼县 $M_s 5.0$ 地震以及 1989 年 11 月固原 $M_s 5.0$ 地震.

2 各学科前兆协调性特征

2.1 各学科异常持续时间较短

与7级以上地震相比,5~6级地震无论是前兆学科还是测震学指标,异常的持续时间都比较短,通常在震前1年之内出现,震前1个月前消失,见表2。

表1 各学科台站及资料情况一览表

台站	纬度	经度	测项	起始时间	终止时间
西和	33. 87°	105. 43°	水氡	1986-11	2001-10
静宁东峡	35. 35°	105. 80°	水氡	1988-01	2001-10
武山1	34. 65°	105. 05°	水氡	1989-01	2001-10
武山22	34. 65°	105. 05°	水氡	1984-01	2001-10
通渭	35. 20°	105. 27°	水氡	1985-01	2001-10
附件厂	35. 53°	106. 67°	水氡	1985-01	2001-10
清水	34. 75°	106. 10°	水氡	1984-01	2001-10
官泉	34. 57°	105. 73°	水氡	1986-01	1998-10
殿沟	33. 35°	104. 95°	水氡	1987-01	1998-10
庆阳	36° 1′	107° 53′	水位	1985-01	2000-04
华亭	35° 15′	106° 31′	水位	1985-01	2000-04
静宁	35° 21′	105° 48′	水位	1985-01	2000-04
清水	34° 45′	106° 06′	流量	1985-01	2000-04
礼县	34° 08′	105° 07′	流量	1985-01	2000-04
成县	33° 45′	105° 41′	流量	1985-01	2000-04
兰州大滩	35° 03′	103° 46′	水位	1985-01	2000-04
定西	35° 63′	104° 70′	地电	1986-01	1999-12
通渭	35° 20′	105° 27′	地电	1986-01	1999-12
天水	34° 42′	106° 05′	地电	1987-01	1999-12
固原	36° 01′	106° 28′	地电	1987-01	1999-12

从表2可以看出:(1)迭部5.9级地震,除孕震空区异常持续时间为74个月,*b*值异常持续25个月之外,其它异常持续时间如小震调制比和波速比为8个月和9个月;水氡测项最长的只有5个月;水位(流量)两个台站异常为3和4个月;地电测项也在4个月左右;地倾斜测项在西武当台持续也仅为5个月.由此可以看出,迭部地震异常的平均持续时间为4个月左右.(2)礼县5.0级地震的异常持续时间为:水位和流量测项5~8个月;水氡测项4~8个月;地电阻率测项7个月.各学科前兆异常平均持续时间为5个月左右.(3)固原5.0级地震的异常持续时间相对比较长,但平均持续时间也在7个月左右.对该地区三次5级以上地震分析可以得出,各前兆学科都表现出异常持续时间比较短,并且在震前大多消失的协调性特征.

2.2 各学科异常以中短期为主,有一定中期异常,临震异常不明显

按7级大震预报的阶段划分,中期异常是震前1年至数年,短期异常是震前几个月,中短期异常是介于中期与短期之间.这里将震前1年到2个月定义为中短期异常.

从表2可以看出各学科异常起止时间.(1)迭部5.9级地震,各学科异常基本在震前2个月结束.(2)礼县5.0级地震,除一个台地电异常到发震,其余多在震前一个月结束.(3)固原地震各学科异常起止大概也在震前8~1个月.看出各学科异常表现出以中短期为主,有一定中期异常,临震异常不明显的协调性特征.

2.3 从震前1年到短临阶段异常显示出向震中迁移的迹象

由图1可以看出,三次地震总体上显示出随震中距的减小,异常的出现时间也变晚.对于一定范围内

异常台站很少的学科,无法看出异常出现与震中距的关系,但各类异常相互比较,仍可发现震中距相差不大并且在同一构造单元的台站异常出现时间很接近,可以推定它们也有向震中方向迁移的趋势.因此得出,在震前 1 年至短临阶段各类异常有向震中方向迁移的协调性特征.

表 2 前兆异常持续时间

地震	学科类别	异常台站	异常起始时间	异常结束时间	异常持续时间/ 月	
迭部 (1987-01-07)	水氡	殿沟	1986-10	1986-11	2	
		西和	1986-11	发震	2	
		武山 22	1986-07	1986-11	4	
		官泉	1986-06	1986-10	5	
	水位	礼县(流 量)	1986-07	1986-10	3	
		清水	1986-07	1986-10	4	
	地电	定西	1986-08	发震	5	
		通渭	1986-07	1986-10	4	
		武都	1986-10	1986-11	2	
	地倾斜	河西堡	1986-08	1986-12	4	
	测震学	小震调制比	1986-01	1986-08	7	
		波速比	1985-12	1986-08	8	
		b 值	1984-06	1986-07	26	
		空区	1980-08	1986-10	74	
礼县 (1987-11-25)	水位	礼县	1987-07	1987-10-25	4	
		清水	1987-04	1987-10-10	6	
		静宁	1987-03	1987-10	7	
		庆阳	1987-06	发震	5	
		水氡	清水	1987-05	1987-10	5
		西和	1987-05	1987-08	3	
		附件厂	1987-03	1987-10	7	
		地电	定西	1987-04	1987-09	5
	固原 (1989-11-02)	地电	固原	1989-10	1989-11	1
			西吉	1989-08	1989-10	2
		水位	静宁	1989-02	1989-09	7
			华亭	1989-05	1989-10	5
			庆阳	1989-04	1989-07	3
		水氡	清水	1989-02	1989-09	7
通渭			1989-04	1989-11	7	
附件厂			1989-05	1989-09	4	
清水			1989-05	发震	6	
东峡			1989-06	1989-09	3	
然闹	1989-05		1989-09-22	5		
官泉	1989-01		1989-11	10		

2.4 异常点的空间分布与 b 值分布

理论及岩石实验研究认为, b 值的大小与岩石均匀度及介质的应力强度有关.从前兆分类的观点来看, b 值是属于介质状态成因前兆^[3],因而各类定点前兆异常的空间分布与 b 值异常区应有比较密切的关系.

因只有迭部地震绘出了 b 值异常区域,因此只对迭部地震进行研究.由图 2 以及表 2 列出的异常台站可以看出,出现水氡异常的四个台中有三个在 b 值异常区内部或边缘;出现水位异常的两个台站中有 1 个台在 b 值异常区内部;地电由于台站分布的特殊性,在 b 值异常区内只有一个台站(武都),其震前异常很

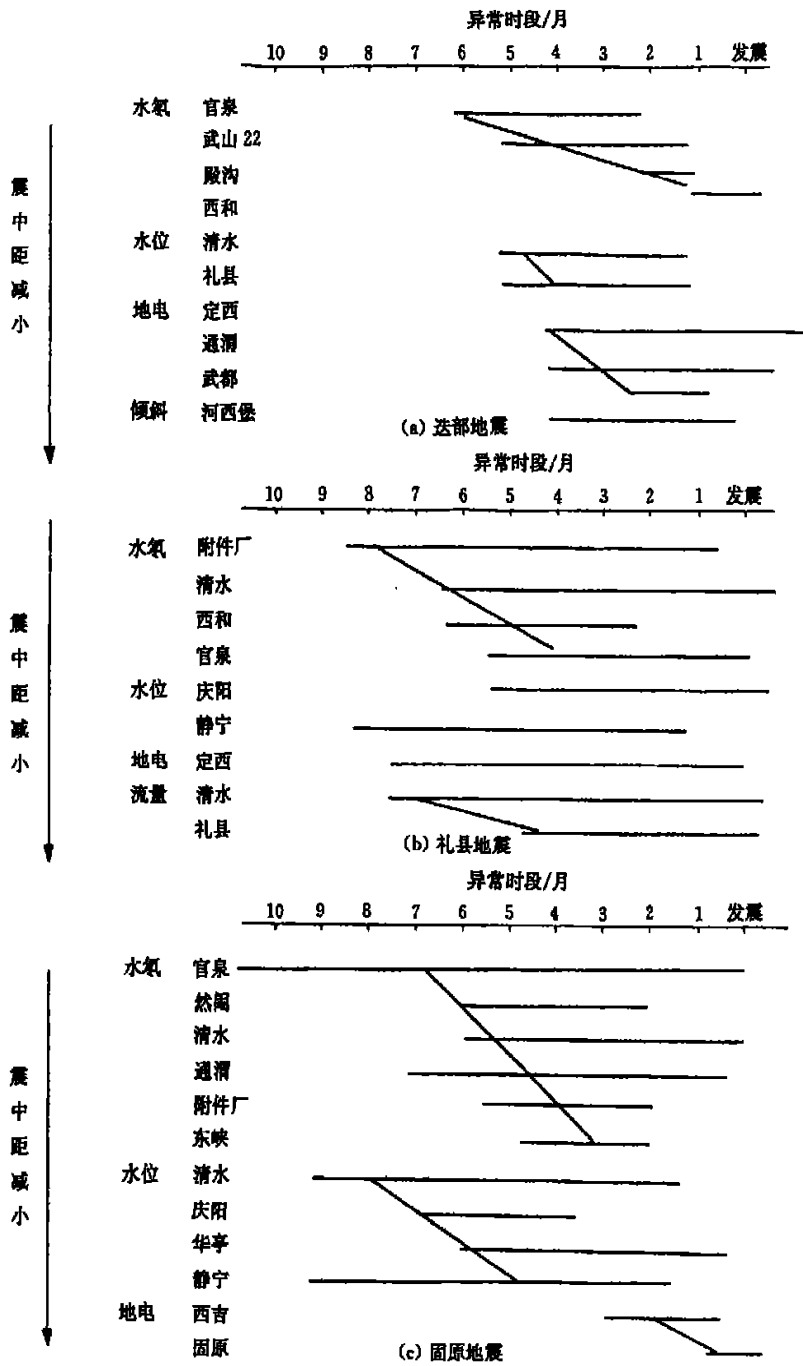


图 1 各学科异常出现时间与震中距的关系

Fig. 1 Relation between the emergence time of anomalies and epicenter distance.

明显, 显示出各学科异常在低 b 值异常区高频率出现的协调性特征.

3 前兆协调性特征的物理基础探讨

迄今为止, 相当多的专家和学者对地震前兆进行解释时, 以固体破坏变形为基础, 将一切都归结为应力应变, 强调力学特征, 并没有或很少考虑地下流体以及深部热物质在地震孕育过程中的作用. 大陆超

深钻探以及深部地球化学的研究表明,地壳中普遍存在流体,且源于地壳表层的重力水可以循环至地下几十公里处,尤其是地表 1~3 公里范围内,重力水普遍存在.如前苏联的科拉超深钻在 4.5~9 公里深度段发现多层可自由流动的重力水.同时地下热流体的存在及其运移对地震的孕育发生起到了很重要的作用^①.对甘东南地区(天水地震区)的地质结构研究发现,它们无论是横向还是纵向都是高度不均匀的,在电性结构上也有很大的差异.这些地壳不均匀性的存在,使应力的不均匀分布成为可能.另外甘东南地区深大断裂纵横交错,这为流体和深部热物质的运移创造了条件.因此,甘东南地区中强地震多学科前兆异常在时空上表现出很好的协调性特征,地下流体以及深部热流体的作用可能是它们的主要物理基础.

4 结语

本文从震例研究出发,对甘东南及其附近发生的三次中强地震的四种前兆学科以及测震学指标之间的异常变化进行了研究.它们在时空上表现出很好的协调性特征.这些协调性特征与地下流体以及深部热物质的运动紧密相关.至于地下流体以及深部热流体的作用如何引起前兆表现出协调性特征还有待于进一步深入研究.

[参考文献]

[1] 曹玲玲,刘耀伟.西北地下流体观测网综合评价[J].西北地震学报,1999,21(1):62—66.
[2] 张肇诚主编.中国震例(1986—1988)[M],北京:地震出版社,1999.
[3] 刘耀伟,范世宏,曹玲玲.地下流体中短期异常与地震活动性指标[J].地震,1999,19(1):19—25.

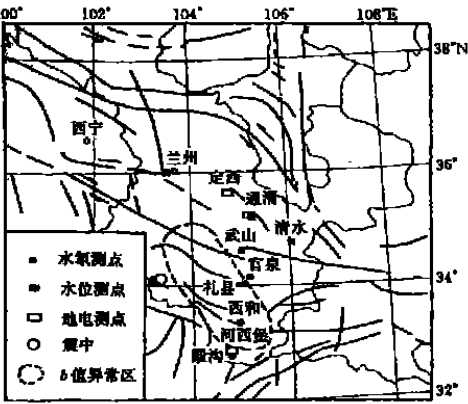


图 2 迭部地震低 *b* 值异常区分布
Fig. 2 Distribution of low *b* value area before Diebu earthquake.

THE HARMONIOUS CHARACTER OF MULTI-SUBJECT PRECURSORS
BEFORE MODERATE STRONG EARTHQUAKE IN
SOUTH-EAST OF GANSU PROVINCE

CAO Ling-ling¹, JIANG Zi-wan², WANG Zong-li³

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China; 2. Seismological Bureau of Qingshui County, Gansu Qingshui 741400, China; 3. Lanzhou Institute of Geology, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on study of some precursors before 3 moderate strong earthquakes in south-east part of Gansu province, it is found that all kinds of precursors show harmonious character in temporal-spatial. The result shows that the anomalies last shorter time and mainly in middle-short term, but in impending term is not clear. From one year to short-impending stage, the anomalies migrate to earthquake epicenter. The distribution of precursor anomalies and low *b* value are concentrated to same area. The relationship between the harmonious character of precursors and transportation of underground fluid and thermal material in deep crustal is discussed.

Key words: South-east of Gansu province; Moderate strong earthquake; Precursor; Harmonious

① 尹京苑,等.强震震源孕育过程中短期阶段物理力学机制的理论研究.2000.