

汶川 8.0 级地震前后陇南地区 地震宏观异常调查及分析

严武建^{1,2}, 朱朝霞³, 李晓峰², 张 辉²

(1. 北京大学地球物理系, 北京 100871; 2. 甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000;
3. 甘肃省水文水资源局, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:根据对 2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级大地震前后(2008 年 4 月 1 日至 7 月 13 日)甘肃省陇南地区及甘南州舟曲县宏观异常的震后现场调查结果, 经过资料整理分析和挑选可靠异常现象, 对其时空分布特征进行了研究。结果表明, 在时间上宏观异常的数量临近地震逐渐增多, 在临震前形成峰值; 在空间上宏观异常的分布在高烈度区较多。对宏观异常与震源机制关系以及宏观异常对地震预测可能发挥的作用等问题进行了讨论。

关键词:汶川 8.0 级地震; 陇南地区; 宏观异常; 统计分析

中图分类号: P315.728 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2011)01-0067-04

Investigation and Analysis on Macroscopic Anomalies of Earthquake before and after Wenchuan $M_s8.0$ Earthquake in Longnan Area of Gansu Province

YAN Wu-jian^{1,2}, ZHU Zhao-xia³, LI Xiao-feng², ZHANG Hui²

(1. Department of Geophysics, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Earthquake Administration of Gansu Province, Lanzhou 730000, China;

3. Hydrology and Water Resource Bureau of Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on the field investigation result for the macroscopic anomalies appeared before and after Wenchuan $M_s8.0$ earthquake on May 12, 2008 (from April 1, to July 13) in Longnan municipality and Zhouqu county of Gannan prefecture, Gansu province, through compilation, analysis and selection for those data, the temporal and spatial distribution characteristics of the anomalies are researched. The result shows that amount of the macroscopic anomalies increased gradually with the time to event, and formed a peak just before the earthquake. In spatial more macroscopic anomalies distributed in higher earthquake intensity area. The relationship between the macroscopic anomalies and earthquake mechanism, as well as a possible effect for earthquake prediction are discussed also.

Key words: Wenchuan $M_s8.0$ earthquake; Longnan area; Macroscopic anomalies; Statistical analysis

0 引言

所谓宏观异常就是泛指人们能直接接触和观察到的一些自然界的反常现象^[1], 比如动物生活习性和行为的异常表现; 井、泉、河水异乎寻常的涨落变化; 晴朗夜空出现与雷云闪电不同的彩色光像; 植物

生长与季节不符; 天气气候反常等。宏观异常种类较多, 大体上可分为动物异常、植物异常、地下水异常、地下气体异常、地下油气异常、地光异常、地质现象异常、气候反常等。引起宏观异常的原因是多种

多样的,地震的孕育与发生是其原因之一^[2]。

2008年5月12日汶川8.0级地震后,笔者对甘肃省陇南地区的5个县及甘南州的一个县进行了为期15天的现场宏观异常调查。调查结果显示汶川8.0级地震前宏观异常表现较为明显,异常形式多种多样。进一步分析结果表明宏观异常具有一定的时空分布特征,这些特征不但与地震发生过程存在着某种联系,而且其中还含有一些对临震预报有意义的重要信息。

1 宏观异常概述

这次宏观异常的调查主要在地震烈度的Ⅷ度和Ⅸ度区进行,包括甘肃省陇南市的武都区、文县、礼县、成县、康县及甘南州的舟曲县。主要采取对公路沿线的村镇进行抽查以及通过市县地震局的宏观异常观测员提供的异常为依据,因此调查及分析结果具有一定的局限性。

这次地震的宏观异常现象可分为4类,包括动物异常、地下水异常、植物异常、气象及地象异常。调查共收集到宏观异常现象44起,其中动物异常24起,约占全部宏观异常的54%;地下水异常15起,约占34%;植物异常3起,约占7%;地象异常2起,约占5%。

1.1 动物异常

大震发生前动物有异常行为,已被古今中外许多关于大地震的调查研究所证实^[3]。像以往的其他大地震一样,本次地震前动物异常不仅在所有的宏观异常现象中占有最大的比例,而且还具有一定的时空分布特征。但对于不同的地震,动物异常的种类、数量以及时空分布特征也各不相同。

汶川8.0级地震前,在甘肃陇南地区共有11种动物表现出不同程度的异常行为(表1),其中以穴居动物和水生动物表现最为明显,主要包括老鼠、鱼、蛇、蚂蚁。此类动物异常共计11起,约占全部动物异常的46%,其异常行为多表现为反季节出现、鱼死亡、不进窝和行为呆滞不怕人。震前动物异常最多是狗,共有6起,表现都为在震前两天至半小时狂叫不休,甚至还乱咬人。

如果将所有动物异常进行对比,穴居动物的异常行为最为突出也最多,共计9起,约占全部动物异常的38%,而且异常反应也比其他动物表现得早。早在震前一周就有蛇在武都区的一个小区门口出现,行为表现为爬行缓慢,不怕人。而在往年同期在陇南地区蛇还处于冬眠状态。此外,在所有动物异

常中蛇和鼠的异常持续时间最长,出现频次最多,分布范围最广。由此可见象蛇和鼠这些穴居动物对地震的发生比较敏感。

表1 汶川地震前陇南地区动物异常数量及异常行为

动物名称	异常数量	比例/%	异常行为
牛	1	4.2	异常乱叫
老鼠	3	12.5	行动缓慢、痴呆
野鸡	1	4.2	乱跑,叫声不断
狗	6	25	狂叫,暴躁不安
鱼	2	8.3	大量鱼浮出水面,行动缓慢
蛇	4	16.6	蛇异常出现,表现为爬行缓慢、痴呆
青蛙	1	4.2	震前小青蛙较多
鸟	3	12.5	鸣叫,乱飞,不进窝
毛虫	1	4.2	长达15~16 cm,出现面积较大有十几亩地
蚂蚁	1	4.2	成堆出现
燕子	1	4.2	燕子未归巢

另外,一些鸟类在这次震前也表现出了某些异常行为。如在5月10日康县阳坝镇油坊村村民发现山上野鸡乱跑、叫声不断;5月12日14时成县城关镇一村民发现自己养的鸽子在天空盘旋不落窝,半小时后地震发生;7月23日文县石鸡坝乡一村民家燕子未归巢(自从在该村民家筑巢后每天晚上都按时回巢),7月24日青川发生2次中强地震。

这次地震前在甘肃陇南地区动物异常主要分布在烈度为Ⅸ度的地区,只有少部分出现在Ⅷ度区内,异常量显示由震中方向向外围逐渐衰减。动物异常出现的最早时间为震前半个月,从震前2天起,异常的数量和种类开始逐渐增多,并在震前2天达到峰值。震后绝大多数动物异常消失,但在7月24日的四川青川6.1级余震前1天出现过3起动物异常。

1.2 地下水异常

由于甘肃陇南地区近20年以来只发生了2006年文县5.0级地震,因此当地居民对地震了解甚少,对地下水的异常变化关注不够,反映的异常现象不多。但调查结果表明地震前后仍有一些地下水宏观异常被发现。

在调查所涉及的6个县中,有4个县的居民发现地下水出现了宏观异常,共计17处(表2)。最为典型的实例是成县抛沙镇高桥村一村民家里压井5月12日震前约40分钟发现水变浑,不能使用,震后10小时左右恢复正常。

地下水异常的表现形式主要为井水位的上升与下降、泉水流量的增大和减小、以及井水的翻花、变色和变浑。据统计,在17项(有两项为主震后)地下水异常当中有5项表现为井水位下降或泉水流量减小,约占地下水异常的29%,水位下降幅度为几十

厘米到 1 m；有 11 项表现为井水或泉水变浑或变色，约占 65%；另外还有 1 项表现为泉水流量增大。可以看出，震前地下水异常以水位下降或泉水流量减少以及井水或泉水变浑、变色为主；水位下降或泉水流量减小区集中分布于断层附近；多数变浑、变色的井水或泉水在震后 2~3 天恢复正常。

表 2 汶川地震前陇南地区地下水异常及异常特点

编号	异常地点	开始时间	结束时间	异常描述	异常信度
1	武都区店沟村	5 月 10 日 14 时	5 月 12 日 12 时	店沟泉水 5 月 12 日地震前出现变黑、味道跟以前不一样，地震后流量增大、变浑、伴有泥沙；泉水左侧山壁原来没有水流淌，震后出现泉水流出现象	较高
2	康县白杨乡	5 月 1 日	5 月 11 日	泉水干枯，地震后出水颜色发黄	较高
3	康县范寺村	4 月 29 日		4 月 29 日泉水普遍上涨	较低
4	康县阳坝镇	5 月 1 日	5 月 20 日	村内一口井井水变成红色	中等
5	康县阳坝镇油房坝村	5 月 10 日	5 月 12 日	天鹅湖内水面冒泡	中等
6	成县城关镇张旗村农科院	5 月 9 日 18 时	5 月 11 日	井水位下降 0.5 m，变色、变浑浊	中等
7	成县城关镇张旗村	5 月 9 日	5 月 11 日	井水变色、变浑浊	中等
8	成县店村柏柳村	5 月 9 日	5 月 11 日	井水变色、变浑浊不能饮用	中等
9	成县店村镇新村	5 月 11 日	5 月 16 日	日常用压井，井深 6 m，5 月 11 日发现变浑，5 月 13 日以后逐渐恢复，5 月 16 日恢复正常。	较高
10	成县红川镇中心小学	5 月 28 日 11 时	5 月 28 日 16 时	院内水井从 28 日中午 11 时开始发现水浑浊，下午 16 时开始逐渐变清。	中等
11	成县抛沙镇高桥村	5 月 12 日 14 时	5 月 12 日	村民家中压井 5 月 12 日震前约 40 分钟发现水变浑，不能使用，震后 10 小时左右恢复正常	较高
12	成县沙坝镇政府院内	5 月 10 日 3 时	5 月 12 日	5 月 10 日开始井水变红，浑浊。5 月 24 日再次出现此特征	中等
13	成县西峡公园	5 月 11 日	5 月 16 日	5 月 11 日十号拦水坝发现水位下降，14、15、16 日水位降低到最低	中等
14	礼县自来水公司	5 月 11 日	5 月 12 日	地震后当天发现水位明显下降，震前未观察	较低
15	礼县江口乡	5 月 14 日	5 月 16 日	5 月 14 日开始 3 天，村里大口井变浑，井深 14 m	中等
16	礼县罗家堡	5 月 11 日	5 月 14 日	井水变浑浊，不能饮用，震后两天恢复。	较低
17	礼县盐官镇	5 月 11 日	5 月 12 日	井水位下降 1 m	中等

1.3 气象及地象异常

汶川地震前被发现的气象异常的现象很少，仅有 1 起，即在 2008 年 5 月 12 日早 8~12 点陇南市武都区安化镇有村民发现天空出现异常云彩。另外震前村民还发现 3 起地象异常(表 3)。

2 宏观异常的时空分布

2.1 异常的空间分布

统计与分析结果表明，汶川地震前后，甘肃陇南地区宏观异常在高烈度区表现比较明显(图 1)。从

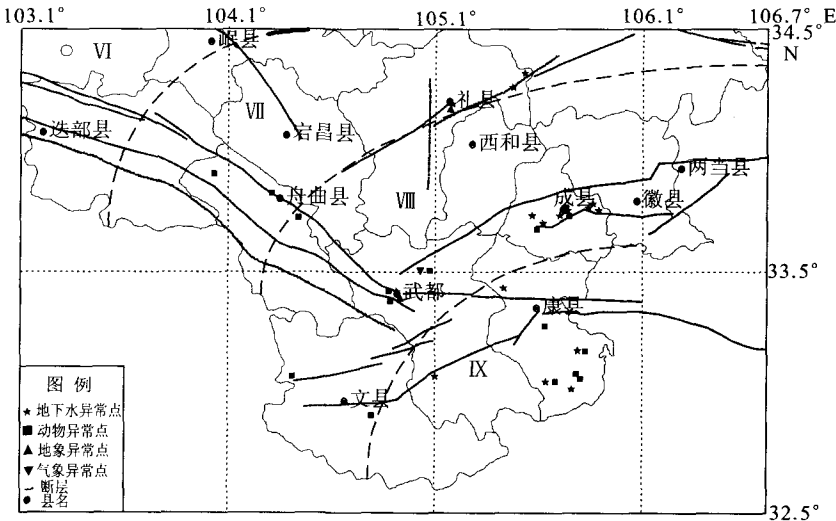


图 1 汶川 8.0 级地震前后甘肃陇南地区宏观异常点分布图

Fig. 1 Distribution of macroscopic anomalies before and after Wenchuan earthquake in Longnan area of Gansu province.

表 3 汶川地震前陇南地区地象及气象异常及异常特点

大类 编号	异常地点	开始时间	结束时间	异常描述	异常信度
1	武都区	5 月 11 日 3 时	5 月 12 日 6 时	一楼住户普遍闻到地下来的气味,有异臭味	较高
地象 2	成县城关镇张旗村	5 月 9 日	5 月 11 日	5 月 12 日地震前出现约 10 m 长的地裂缝,并出现大量喷沙	较高
3	礼县城关镇	5 月 11 日	5 月 12 日	地面裂缝冒黑水	较高
气象 1	武都区安化镇曾街村郭门前村	5 月 10 日	5 月 12 日	5 月 12 日早 8~12 点出现异常云彩	中等

图 1 可以看出,在烈度为Ⅸ度的地区内宏观异常出现的频度相对较高;在Ⅷ度区和Ⅶ度区宏观异常出现的数量和种类则相对较少。如位于Ⅷ度区的陇南礼县,当地居民在震前几乎没有发现任何动物异常,只发现有地下水和地象异常;而位于Ⅶ度区的礼县北部则没有任何宏观异常出现。

2.2 异常的时间分布

从时间进程上看,离发震时刻愈近,宏观异常的表现愈明显(图 2)。从图 2 可看出,异常发展过程有起伏,但总体呈渐增趋势。异常出现的最早时间是震前一个月;在震前半个月异常再次开始出现;随着发震时刻的临近异常数量逐渐增多;到了震前的 1~3 天异常显著增多,并在地震的前 2 天达到峰值。震后大多数宏观异常消失,只存有一部分的宏观异常。此外,宏观异常种类与异常数量有着大体相似的时间分布特征,即随着发震时刻的临近异常的种类有逐渐增多的趋势。

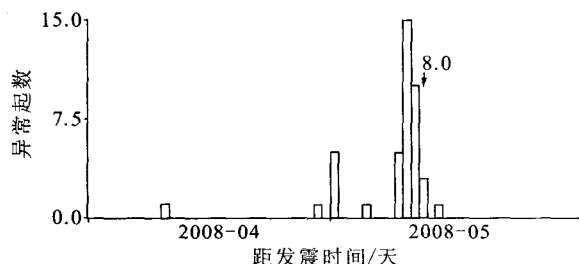


图 2 汶川地震前后陇南地区宏观异常量的时间分布直方图

Fig. 2 Amount distribution of macroscopic anomaly before and after Wenchuan earthquake in Longnan area.

3 认识与讨论

3.1 动物异常的时空分布与地震三要素的关系

汶川地震前陇南地区的动物异常在高烈度区内表现较为明显,主要动物异常集中出现在震前 1~3 天内,其峰值出现在震发的当日,震后大部分异常消失。这与唐山等大震前的动物异常颇为相似^[4]。但异常的分布范围要远比唐山等大地震前大得多,由此可见动物异常的分布范围与震级有一定的关系。

但在时间进程上动物异常所表现的特征却与震

级相关不大。据宏观异常资料较为完整的 5 次地震(海城、唐山、龙陵、和林格尔和张北地震)前的动物异常资料^[3,5-6],发生在不同时间、不同地区,具有不同震级的这 5 次地震,震前动物异常有大体相似的时间分布图,即异常数量均在发震当日达到峰值。而在汶川地震前陇南地区情况也是如此。在空间分布上动物异常则有一定的不均匀性。一般较多的分布在某些条带和局部地区,而这些地区便是未来的极震区或高烈度区。如海城地震前,动物异常集中分布在发震构造带上,在唐山地震、龙陵地震、张北地震以及汶川地震前,动物异常则集中分布在高烈度区内。

动物异常的这种时空分布特征可能与震前自然环境各种因素的时空变化有一定的联系。事实上,在长期的进化过程中动物为了适应不断变化的生存环境形成了一些特别敏锐的感觉器官,可以敏锐的感受到震前从地壳深部传来的声、光、电、磁、热、气等物理和化学变化,从而表现出一些“异乎寻常”的行为。震前自然电场、电磁波、地下水、地气、地声、地光等短临异常与动物异常有大体相似的时间分布图式,即几乎均在震前一天内达到峰值,可以说明这一问题。

3.2 地下水位异常分布与应变-形变的关系

在陇南地区,地下水位下降与泉水流量变小的异常集中出现在构造断裂附近,一般来说水位的升降与泉水流量的增减与井泉所在区应力-应变状态的调整密切相关。汶川地震前后构造断裂上的地下水异常主要是以水位下降为主,说明了断裂构造带受到拉张作用。汶川地震前陇南地区的地壳表层应力状态是拉张的,也和汶川地震的震源机制解相印证。

(下转 90 页)

分析中容易识别和排除;降雨对体应变的影响与降雨过程、降雨量及降雨时间等有密切的关系,总体上遵循“快速抬升—指数形式衰减—缓慢恢复到正常背景变化”形态,但对不同的降雨过程又呈现出一定的差异,虽然较为复杂,但它们之间的内在响应仍有一定的规律可寻。

(2) 六合体应变观测是一种较好的地震短临异常监测手段,对区域内中强地震有1~2月的突出短临异常变化。在无任何外界干扰因素影响情况下,地震短临异常较易识别;在有降雨等外界干扰因素影响时观测资料的异常变化,需用干扰系数和干扰效率对干扰增量进行排除。

(3) 通过对六合体应变的降雨和中强地震短临异常图像讨论,可知该观测点和观测仪器对地下岩石在受到一定强度的外力挤压或者在荷载发生变化时均有典型变化,且多以3个月内的短临异常为主。但由于六合地震台位于苏浙皖交界地区,地震活动水平本身偏低,周边也没有更多的钻孔体应变台进行同步观测,对取得更多更准的地震预测实效带来较大的困难,但在资料的深入研究上仍做出了积极的探索。

[参考文献]

- [1] 张凌空,牛安福.不同周期气压波对钻孔体应变仪观测结果的影响[J].中国地震,2008,24(4):415-421.
- [2] 高福旺,李丽,牛安福,等.对体应变干扰因素的识别及排除[J].地震,2004,24(增刊):90-97.
- [3] 杜品仁.气压变化及其对壳形变和深井水位的影响[J].地球物理学报,1991,34(1):73-81.
- [4] 陆明勇,牛安福,鲁德顺,等.地壳形变与地下水动态异常特征研究进展[J].西北地震学报,2005,27(1):89-95.
- [5] 李杰,刘敏,邹钟毅,等.数字化钻孔体应变干扰机理及异常分析[J].地震研究,2003,26(3):231-238.
- [6] 孔礼健,朱元清,尹纪尧.钻孔对初始应力场扰动影响的初步研究[J].西北地震学报,2009,31(2):131-135.
- [7] 丁风和,赵铁锁,九占军,等.大甸子井水位的气压系数及其震前异常[J].西北地震学报,2007,29(2):174-182.
- [8] 张绍治,拾礼勤.徐州台体应变动态观测干扰因素的分析与信息提取[A]//地震预报方法实用化研究文集——形变、重力、应变专集[G].北京:地震出版社,1991:535-541.
- [9] 张凌空.降雨对体应变的干扰[J].地壳形变与地震,1995,4(3):78-83.
- [10] 国家地震局预测预防司.地壳形变分析预报方法[M].北京:地震出版社,1998:72-91.

(上接70页)

3.3 宏观异常与地震预报

汶川地震前在甘肃陇南地区的其它地震前兆异常并不明显,因此实现地震预报显然是十分困难的。然而这次地震前在陇南地区却出现了相当数量的宏观异常,而且在异常时空分布特征中所隐含的发展地点与时间的信息也相当明显。因此,如果开展宏观异常观测和重视宏观异常信息的研究,则有可能在震前作出一定程度的地点和时间的预报。

[参考文献]

- [1] 安徽省地震局.宏观异常与地震[M].北京:地震出版社,1978.
- [2] 国家地震局预测预防司.地震宏观异常预报方法[M].北京:地震出版社,1997.
- [3] 刘五洲,车用太,张北—尚义地震宏观异常的震后调查及分析[J].地震地质,1998,(2):183-188.

- [4] 国家地震局编写组.一九七六年唐山大地震[M].北京:地震出版社,1982:315-343.
- [5] 朱凤鸣,吴戈.一九七五年海城地震[M].北京:地震出版社,1982.
- [6] 陈立德,赵维城.一九七六年龙陵地震[M].北京:地震出版社,1979.
- [7] 代炜,严武建,马占虎.2008年3月30日甘肃肃南5.0级地震特征[J].西北地震学报,2010,32(3):307-312.
- [8] 刘小凤,张辉,梅秀苹,等.甘东南地区震情预警指标模型及方案研究[J].西北地震学报,2010,32(3):237-243.
- [9] 肖武军,关华平.汶川8.0级地震以及其它大地震前的地电阻率异常特征[J].西北地震学报,2009,31(4):349-354.
- [10] 聂永安,姚兰予,赵国敏.大震前宏观异常的机理研究[J].西北地震学报,2009,31(2):196-200.
- [11] 王爱国,杨晓鹏,等.汶川Ms8.0地震对甘肃陇东地区的破坏影响与特征分析[J].西北地震学报,2009,31(1):80-85.