



## 2022年7月2日皮山 $M_S$ 5.1地震宏观异常调查与分析

亚森奥斯曼

Investigation and analysis of macroscopic anomalies before and after Pishan  $M_S$ 5.1 earthquake on July 22022

Yasen Aosiman

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzkxjz.2023-030>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

##### 2020年7月12日唐山古冶 $M_S$ 5.1地震的强震动特征

Strong-motion recordings in  $M_S$ 5.1 Guye, Tangshan earthquake on July 12, 2020

地震科学进展. 2020(7): 9–13

##### 2016年10月20日江苏射阳4.4级地震前的地震活动异常特征

Characteristics of seismicity before the October 20, 2016 Jiangsu Sheyang  $M$ 4.4 earthquake

地震科学进展. 2018(4): 67–73

##### 林甸5.1级地震前的测震学异常特征

Characteristics of seismological anomaly before the  $M$ 5.1 Lindian earthquake

地震科学进展. 2018(4): 90–94

##### 2020年河北唐山 $M$ 5.1地震震前地脉动异常特征初探

Preliminary study on abnormal characteristics of microtremor before Hebei Tangshan  $M$ 5.1 earthquake in 2020

地震科学进展. 2021(12): 547–552

##### 基于无人机影像的皮山地震极灾区烈度评估

Assessment of seismic intensity in the Pishan earthquake extreme disaster area based on UAV images

地震科学进展. 2020(3): 20–24

##### 甘肃景泰 $M_S$ 4.7地震前芦阳水温异常分析

Analysis on water temperature anomalies at Luyang well before the Jingtai  $M_S$ 4.7 earthquake in Gansu Province

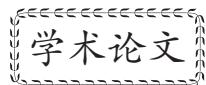
地震科学进展. 2018(5): 12–19



关注微信公众号，获得更多资讯信息

亚森•奥斯曼. 2022 年 7 月 2 日皮山  $M_{S}5.1$  地震宏观异常调查与分析 [J]. 地震科学进展, 2024, 54(5): 339-345. doi:10.19987/j.dzkxjz.2023-030

Yasen A. Investigation and analysis of macroscopic anomalies before and after Pishan  $M_{S}5.1$  earthquake on July 2, 2022[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2024, 54(5): 339-345. doi:10.19987/j.dzkxjz.2023-030



# 2022 年 7 月 2 日皮山 $M_{S}5.1$ 地震 宏观异常调查与分析

亚森•奥斯曼\*

(新疆维吾尔自治区地震局富蕴地震监测中心站, 新疆富蕴 836100)

**摘要** 以地震宏观异常现象的历史发展过程为出发点, 具体描述和田地区皮山县震中周围动物震前、震后异常变化现象和特征。阐述了新疆和田地区皮山 5.1 级地震现场震中西南方向 6~15 km 村庄农户圈养的牛、羊等不同动物的反常现象, 并针对在地震前后动物发生异常变化的 18 个调查点、98 次异常进行详细统计。其中, 皮山县乔达乡 8 个调查点 7 种动物宏观异常显著, 异常数量总计 46 次; 昆泉镇 10 个调查点 4 种动物宏观异常显著, 异常数量总计 32 次。经统计, 临近地震发生前 24~36 小时左右, 狗、鸡、鸽、鸭反应异常显著, 总宏观异常次数占比较高, 动物主要表现为躁动不安、狂吠不止。由此分析得出: 临震前, 在不同时间段的 11 个调查点附近 7 种动物具有较明显的异常反应, 从时间尺度上来看, 离震中越近的地方, 动物异常越早, 异常动物数量、种类越多; 反之越少。宏观异常现象具有向震中区域靠拢的趋势, 空间分布较为集中。

**关键词** 皮山 5.1 级地震; 宏观异常调查; 异常特征分析

**中图分类号:** P315.72    **文献标识码:** A    **文章编号:** 2096-7780(2024)05-0339-07

**doi:** 10.19987/j.dzkxjz.2023-030

## Investigation and analysis of macroscopic anomalies before and after Pishan $M_{S}5.1$ earthquake on July 2, 2022

**Yasen• Aosiman**

(Fuyun Earthquake Monitoring Center Station, Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Xinjiang Fuyun 836100, China)

**Abstract** Based on the development history of earthquake macroscopic anomalies, this paper briefly describes the characteristics of pre- and post-earthquake macroscopic anomalies around the epicenter of the Pishan  $M_{S}5.1$  earthquake in Hotan, Xinjiang Uygur Autonomous Region. Abnormal behavior of different animals, such as sheep, cattle, ducks, pigeons, pheasants and dogs, raised by rural farmers was described and analyzed. It is believed that the macroscopic anomalies of the earthquake have certain characteristics of short-term and imminent anomalies in time, are uneven in

收稿日期: 2023-03-16; 采用日期: 2023-10-24。

\* 通信作者: 亚森•奥斯曼(1990-), 男, 助理工程师, 主要从事地震监测与预报、预警等研究。E-mail: 1412981724@qq.com。



distribution, and are relatively close to the epicenter in general.

**Keywords** Pishan  $M_5$  earthquake; macroscopic anomalies investigation; macroscopic anomalies characteristics

## 0 引言

2022年7月2日04时31分,新疆维吾尔自治区和田地区皮山县(37.59°N, 78.60°E)发生5.1级地震,震源深度10 km,震中20 km范围内人口约2.5万,50 km范围内人口约14万,100 km范围内人口约32万。震中距皮山县28 km、墨玉县106 km、叶城县109 km、和田市128 km。震区南部是西藏阿里无人区,北部是塔里木盆地。发生地震后,新疆地震局驻巴楚县阿瓦提镇“访惠聚”工作队首批进入距离震中最近的皮山县乔达乡人民政府和昆泉镇,立即开展地震应急工作。地震现场调查组共完成震中附近18个调查点的调查,涉及4个村,2所学校,1个养殖场。未发现地震引起的房屋损毁等财产损失,但大部分群众有震感,尤其是阿巴什拉克村、帕格孜托格拉克农场村的群众反应震感强烈。

国内学者对地震宏观异常做了大量调查。例如车用太等<sup>[1]</sup>在汶川  $M_8$  地震宏观异常的总结中指出:多数中强地震前动物、地下流体会发生显著的异常变化现象,且分布范围广、数量多。高小其等<sup>[2]</sup>归纳出:发生地震之前,动物及地下水异常存在是毫无疑问的事实,在时间上具有一定的短临前兆特征,通常集中在靠近震中的区域。朱自强等<sup>[3]</sup>研究表明,地下水及所包含气体通常处于稳定状态,一旦受到外界环境影响,破坏了这种动态平衡,就会发生物理化学变化,导致地下流体发生宏观异常。有些大范围出现的宏观异常,对将来发生的地震地点和时间的预报提供了参考依据<sup>[4]</sup>。

本文运用描述性统计法对震中周围各乡村和养殖场牛、羊、狗等动物出现的异常进行统计和分析,总结出动物的反常峰值异常与目标地震的对应关系;再利用分类统计法对动物异常在空间分布、异常持续时间方面进行分析,结合调查数据结果,对动物异常变化进行归纳,希望对大震应急快速反应具有一定的参考意义。

## 1 地震宏观异常历史背景

一般情况下,人或动物的感官能够在震前直接发觉某些变化。地震发生前与地震的孕育和发生具有密切联系(非仪器观测)的宏观变化现象叫地震宏

观前兆异常<sup>[5]</sup>。地震宏观异常现象在空间分布和时间段表现形式不一样的这些现象,共同的特点是违反常例。地震宏观异常发生在中强地震之前,表现形式丰富,种类可达百种,甚至多至几千种现象,主要分为地下水体异常、动物异常和物理化学异常等。

国内历史文献资料记载了动物异常通常作为中强地震的前兆。约1300年前,《开元占经·地境》记载了“鼠聚朝廷市衢中而鸣,地方崩裂”的现象,主要描述在地震发生前出现老鼠成群乱叫的动物异常现象。现代的文献中如1956年出版的《资料年报》,列出了100多条我国历史上地震前24种动物异常反应的数据。1968年7月左右,在河北省邢台市百尺口、红山等观察点,在猫的呼吸行为、家鸽行为中出现了显著的异常,类似震例在我国多达几千个<sup>[6]</sup>。

我国对地震动物异常与地震关系研究始于1966年的邢台  $M_6.8$  地震。50多年来,历经多次中强地震的证明,将地震前动物异常作为地震前兆的一种短临或临震异常,目前已得到国内外地震等学科科研人员的公认。

在利用动物异常探索地震前兆预报方面,有很多可以借鉴的震例。1975年辽宁海城7.3级地震发生前1~2个月,学者明显观察到正在冬眠的蛇突然出洞、母老鼠叼着小老鼠搬家等动物异常;1975年2月2日,盘锦某乡农户圈养的十几只小猪的尾巴被互相啃断,2月4日震前鹿养殖场的一群鹿撞开栅栏冲出外面等动物异常行为。2008年5月12日汶川8.0级地震发生之前,青川县的个别乡镇、广元市的个别乡镇发现爬行类动物活动行为异常,其中青蛙和蟾蜍大范围迁徙的异常活动较为显著。虽然我们没能在地震前对个别动物异常变化作出相对应预测,但研究发生过多种动物异常变化的案例对后续地震宏观异常研究具有重要意义<sup>[7]</sup>。

## 2 宏观异常现场调查与数据统计

皮山县5.1级地震发生在皮山县以北28 km,位于皮山断裂带上盘,本次研究的宏观异常调查点集中在此次地震西南部,图1是震中空间分布图。宏观异常调查点位置信息见表1。

### 2.1 初步挑选确定宏观异常现象类别

根据《中国地震局地震现场科学考察应急工作

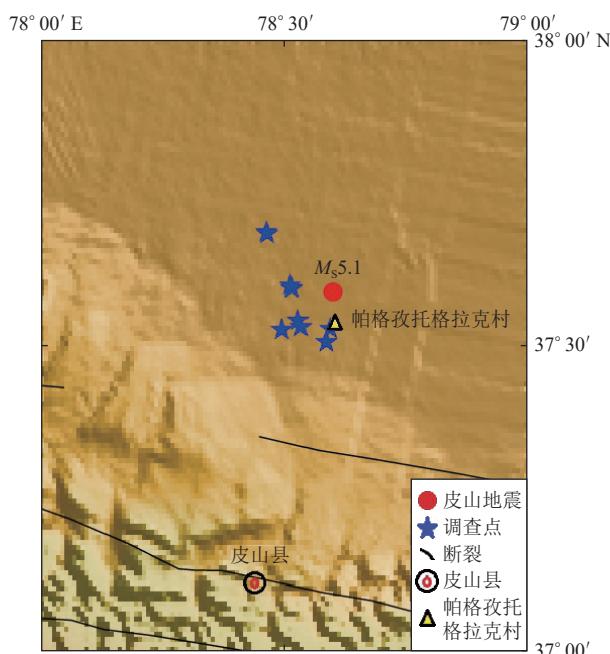


图1 宏观异常调查点及震中空间分布图

Fig. 1 Spatial distribution map of macroscopic anomaly investigation points and the epicenter

队工作手册》的有关规定和相关文献资料介绍的情况,调查地震发生前后的地下流体异常变化。采用空

间上离震中区相对密集、时间上有同步性、异常数量上有集中性的方法,呈现出种类多、反应强烈的动物异常现象。利用访谈法跟当地农户核实动物习性状况,对比剔除动物在地震发生前状况与平时习性状况的数据,有旁证材料的动物异常现象给予统计,否则不予统计。根据上述工作要求,地震发生时或发生后出现的动物异常定义为无宏观异常(表2)。

## 2.2 地震宏观异常统计

### 2.2.1 皮山县乔达乡宏观异常现象统计

(1)动物习性异常现象。皮山县乔达乡动物宏观异常总计46次,家里圈养的动物异常变化数量排第1位,异常变化的频次由高到低排序,居于前4位的动物依次为鸡、鸽子、狗、羊,各自宏观异常次数分别为12、11、8、7。此外,鸭、驴、牛等动物一定程度出现上文叙述的震前宏观异常现象(表3)。

(2)地声宏观异常现象。在皮山县乔达乡各个村,该异常应表现出类似压路机工作的声音,但在昆泉镇附近的农户未反映有此类异常现象。

### 2.2.2 昆泉镇宏观异常现象统计

(1)动物习性异常现象。昆泉镇动物宏观异常总计32次,家里圈养的动物异常变化数量排第1位,

表1 皮山县宏观异常18个现场调查点统计表

Table 1 Statistical table of 18 site investigation points for macroscopic anomalies in Pishan county

| 乡镇名称 | 调查点名称                  | 北纬/°      | 东经/°      | 震中距/km |
|------|------------------------|-----------|-----------|--------|
| 乔达乡  | 阿巴什拉克村调查点1             | 37.532600 | 78.535000 | 8.321  |
|      | 栏杆村调查点2                | 37.543032 | 78.529122 | 8.055  |
|      | 栏杆村调查点3                | 37.544098 | 78.532333 | 7.758  |
|      | 栏杆村调查点4                | 37.544098 | 78.532333 | 7.753  |
|      | 栏杆村调查点5                | 37.528225 | 78.496292 | 11.433 |
|      | 帕格孜托格拉克村边远散种植大户调查点6    | 37.529580 | 78.594274 | 6.736  |
| 昆泉镇  | 帕格孜托格拉克农场村村委会调查点7      | 37.508079 | 78.586219 | 9.176  |
|      | 帕格孜托格拉克农场村电子商务服务中心调查点8 | 37.507797 | 78.586748 | 9.221  |
|      | 农场8连调查点9               | 37.598463 | 78.514732 | 7.569  |
|      | 农场8连调查点10              | 37.596388 | 78.515987 | 7.439  |
|      | 农场8连调查点11              | 37.596850 | 78.517268 | 7.332  |
|      | 农场8连调查点12              | 37.596850 | 78.517268 | 7.330  |
|      | 农场8连幼儿园调查点13           | 37.595830 | 78.517898 | 7.267  |
|      | 农场8连调查点14              | 37.595508 | 78.516813 | 7.360  |
|      | 农场8连调查点15              | 37.601395 | 78.513348 | 7.740  |
|      | 农场8连调查点16              | 37.601385 | 78.513817 | 7.700  |
|      | 农场8连调查点17              | 37.686800 | 78.464600 | 16.119 |
|      | 昆泉镇派出所调查点18            | 37.683856 | 78.466380 | 15.712 |

表2 皮山5.1级地震宏观异常统计表汇总情况

Table 2 Summary of macroscopic anomaly statistical table for the Pishan  $M_S$ 5.1 earthquake

| 地点  | 宏观异常数量/次 | 无宏观异常数量/次 | 作废数量/个 | 宏观异常占总计表百分比/% |
|-----|----------|-----------|--------|---------------|
| 乔达乡 | 46       | 9         | 9      | 84            |
| 昆泉镇 | 32       | 11        | 11     | 74            |
| 其他  |          |           |        | 样本数量太少不便计算    |

表3 皮山县乔达乡宏观异常类型及数量统计表

Table 3 Statistical table of macroscopic anomaly types and quantity in Qiaoda township, Pishan county

| 地名         | 无宏观异常 | 地下水  | 动物习性异常/次 |   |   |    |   |   |    | 物理化学异常/次 |    |    |
|------------|-------|------|----------|---|---|----|---|---|----|----------|----|----|
|            | /次    | 异常/次 | 羊        | 狗 | 鸭 | 鸡  | 驴 | 牛 | 鸽子 | 其他       | 地声 | 地光 |
| 阿巴什拉克村     | 3     | 0    | 1        | 3 | 1 | 3  | 0 | 1 | 4  | 0        | 0  | 0  |
| 栏杆村        | 2     | 0    | 2        | 2 | 2 | 4  | 1 | 0 | 3  | 0        | 0  | 0  |
| 帕格孜托格拉克农场村 | 4     | 0    | 4        | 3 | 2 | 5  | 1 | 0 | 4  | 0        | 0  | 0  |
| 合计         | 9     | 0    | 7        | 8 | 5 | 12 | 2 | 1 | 11 | 0        | 0  | 0  |

异常变化的频次排序前4的动物依次为狗、鸡、鸽子、鸭，各自宏观异常次数分别为13、7、6、6（表4）。

(2)物理化学异常现象。该异常应表现出类似压路机工作的声音，但在昆泉镇附近的农户未反映有此类异常现象。

表4 昆泉镇宏观异常类型及数量统计表

Table 4 Statistical table of macroscopic anomaly types and quantity in Kunquan town

| 地名      | 无宏观异常 | 地下水  | 动物习性异常/次 |   |   |    |    | 物理化学异常/次 |    |
|---------|-------|------|----------|---|---|----|----|----------|----|
|         | /次    | 异常/次 | 狗        | 鸭 | 鸡 | 鸽子 | 其他 | 地声       | 地光 |
| 昆泉镇     | 4     | 0    | 8        | 6 | 7 | 6  | 0  | 0        | 0  |
| 昆泉镇派出所  | 3     | 0    | 2        | 0 | 0 | 0  | 0  | 0        | 0  |
| 昆泉镇幼儿园  | 2     | 0    | 1        | 0 | 0 | 0  | 0  | 0        | 0  |
| 昆泉镇昌盛小区 | 2     | 0    | 2        | 0 | 0 | 0  | 0  | 0        | 0  |
| 合计      | 11    | 0    | 13       | 6 | 7 | 6  | 0  | 0        | 0  |

### 2.3 宏观异常现象分析

在皮山县乔达乡、昆泉镇核实人员在房屋受灾情况核查期间，许多群众反映被在家圈养的畜牧反常的叫声或地声吵醒，醒来未发现缘故，感觉几小时到几分钟后，地就晃动了。比如皮山县乔达乡栏杆村村民吐合提如孜·克帕克陈述家里的狗、鸡在7月2日整夜在外面反常乱叫，不进舍，等地震结束后停止叫声。昆泉镇值班保安员同样陈述当夜值班时拴在门口的狗整夜反常乱叫，等地震结束后停止犬声。

结合统计学原理，在皮山县乔达乡、昆泉镇进行动物宏观异常统计时，每村至少要统计十几户以上数据，经查，大部分调查点的统计数据适配人口居住数量状况。从宏观异常现象的分布情况（表5）来看，

距震中越近的村庄宏观异常现象越显著、种类越多、数量越多，反之宏观异常现象越不显著、种类越少、数量越少。

根据各类动物异常变化现象时间特征的情况统计结果（表6）分析得出，动物发生地震宏观异常变化的先后顺序是狗、羊、鸭、鸡等，临近地震发生前24~36 h时，动物会表现出一定程度的反常，越临近发生地震时间，发生异常变化的动物种类越多，但震前几分钟到数十分钟左右基本未发生动物异常现象。

### 2.4 地震宏观异常特征描述

(1)动物行为异常分析。越短临地震，动物的反常行为更普遍明显。一般而言，中强地震前1~2天动物异常数量、种类达到最大值，呈现往震中区域附

表5 皮山县宏观异常基本分布统计表  
Table 5 Basic distribution statistics of macroscopic anomalies in Pishan county

| 乡镇名 | 村名       | 宏观调查总数/次 | 宏观异常数/次 | 异常比例/% | 震中距/km |
|-----|----------|----------|---------|--------|--------|
| 乔达乡 | 阿巴什拉克村   | 16       | 13      | 81     | 8.505  |
|     | 栏杆村      | 16       | 14      | 87.5   | 7.758  |
|     | 帕格孜托格拉克村 | 26       | 22      | 84.6   | 6.745  |
| 昆泉镇 | 昆泉镇      | 31       | 27      | 87     | 7.123  |
|     | 昆泉镇派出所   | 5        | 2       | 40     | 7.334  |
|     | 昆泉镇幼儿园   | 3        | 1       | 33     | 7.055  |
|     | 昆泉镇昌盛小区  | 4        | 2       | 50     | 15.781 |

表6 各宏观异常地震发生前出现时间及各宏观异常占总异常的百分比统计表

Table 6 Statistical table for the time when various macroscopic anomalies occurred before earthquakes and the percentage of each macroscopic abnormalities in total abnormalities

| 宏观异常项目 | 异常名称 | 宏观异常出现最早时间 | 宏观异常出现最晚时间 | 一般宏观异常出现时间 | 各类异常总数/次 |
|--------|------|------------|------------|------------|----------|
| 地下水    | 井水   | 不易观测       | 不易观测       | 不易观测       | 0        |
|        | 泉水   | 不易观测       | 不易观测       | 不易观测       | 0        |
| 动物     | 羊    | 36小时       | 5分钟        | 数分钟至几小时    | 7        |
|        | 鸡    | 24小时       | 数分钟        | 数分钟至几小时    | 19       |
|        | 狗    | 36小时       | 数分钟        | 数分钟至几小时    | 21       |
|        | 驴    | 24小时       | 数分钟        | 数分钟至几小时    | 2        |
|        | 牛    | 24小时       | 数分钟        | 数分钟至几小时    | 1        |
|        | 鸭    | 36小时       | 10分钟       | 数分钟至几小时    | 11       |
|        | 鸽子   | 几小时        | 不易观测       |            | 17       |
|        | 其他   | 不易观测       | 不易观测       | 不易观测       | 0        |
| 物理化学现象 | 地声   | 不易观测       | 不易观测       | 不易观测       | 0        |
|        | 地光   | 不易观测       | 不易观测       | 不易观测       | 0        |

近靠拢的趋势,空间上分布不均匀。动物异常反应达到峰值的地区,在震中附近很有可能遭遇地震破坏最严重、最强烈区。发生的地震震级越大,动物异常的种类范围越广泛、数量就越多,动物异常越显著。本次对地震现场应急宏观异常调查时,发现狗长时间地乱叫,鸽子打破晚上进窝作息规律等。

(2)物理化学现象特征。众所周知,听到地声之后地面会震动。根据地声可以判断出地震大小和方向。通常情况下,地声越大地震震级越大,反之。人类从听到地声至发觉到地动时间的长短,可判别出震中的距离。听到地声至发觉到地动的时间越长,说明震中离自己越远;反之。因此,地声对地震短临预报具有长远的研究意义。“地光”是肉眼看得到天空发光的自然现象,“地光”闪现往往与地震同步,在地震发生前几小时或地震后,有的“地光”在瞬间可

见,强震发生前“地光”出现几秒钟,也会在整个震动周期出现<sup>[8]</sup>。利用地光短临预报地震的重点在于早发现异常,结合专业准确地来甄别。

(3)地震宏观异常双重性特征。范围广、数量大、种类多的宏观异常具有地震前兆短临异常特征,对地震前兆预报具有现实意义。但是,有的大规模宏观异常不能预测相对应的中强地震,2002年在西昌长达2个月的大规模宏观异常没有发生相对应的中强地震,宏观异常点区域分布被断裂构造所控制,90%以上的异常出现在两个断裂交汇处。宏观异常分布均受到断裂活动影响,断裂通过的区域发生大范围跳鱼现象,木河断裂东南段出现泉水流量骤减甚至出现断流。异常点数量少且分布密度小,符合受张的力学特征,断裂西北段出现泉水剧增甚至出现井喷现象,异常点数量多且分布密度大,符合受压的

力学特征。可以总结出:地下流体异常点构造应力状态下引起的变化,而不是中强地震之前的宏观异常。然而,大范围宏观异常既有地震前兆短临异常的属性,也有地质构造活动异常的属性。因而要更加重视宏观异常地震前兆预报和管理工作,深入开展与宏观异常有关的科学探索,建立判别宏观异常的前兆属性和分析地震前兆预报的应用系统,把宏观异常检测工作作为我国地震监测与预报体系的重要工作内容,纳入正常工作范畴和科技创新中<sup>[9]</sup>。

### 3 结论与讨论

在新疆地区,一般情况下,6级以上地震常常会出现丰富的动物宏观异常现象,这次调研,在皮山 $M_S$ 5.1地震前发现了不少动物宏观异常。可能由于夜深人静,动物某个感官部位易于感受到地壳构造的微妙物理变化或化学信号,感官部位将此地震信号转化成生物信号,从而使动物发生习性异常变化。调查动物异常的地点选择在离震中近且集中连片的村庄,分析动物异常时间上是否有同步性、异常数量上是否有集中性。从种类多、反应强烈的动物异常现象来看,这便于确定动物异常是否属于宏观异常。针对气温、气压、人为等也会影响动物习性异常的因素,本次宏观异常调查时,发现震中最近15天天气晴

朗,温度正常,由此可排除其他因素导致动物异常的可能性。

本次前往地震现场应急,首先重点排查人民群众生命财产安全受灾情况,通过现场调查未发现地震造成人员伤亡和房屋损毁等。其次,在震中附近的小学、幼儿园、水库、桥梁等重点部位和偏远散群体、养殖大户住房开展安全灾害排查工作。为防止次生灾害的发生,大量收集群众反映的震前、震后各种动物异常信息,重点收集在家圈养的畜牧羊、狗、鸡、鸽子、鸭子、牛异常情况,发挥群测群防力量。但有些基层宏观观测员不清楚宏观异常概念,需要对宏观观测员发放教材<sup>[10]</sup>,并组织系统的科普培训,针对性提高甄别能力。目前,新疆“三网一员”体系数字化平台的初步完成,对宏观异常的及时报送发挥了重要作用<sup>[11]</sup>,为将来发生的地震宏观异常调查做好准备,对地震宏观预报具有重要的意义。

从距离上来看,18个宏观异常调查点均在震中附近6~15 km范围内,空间分布较为集中。本次地震震级偏小,震中周围250 km范围地震监测中心站地震前兆仪器没有任何前兆异常,但宏观异常特征较为显著,这意味着动物宏观异常现象也需要配置相应仪器进行分析,不能让宏观异常信息仅仅停留在宏观上,要向微观观测和综合分析方向努力,这对地震预报具有一定的参考价值。

### 参考文献

- [1] 车用太, 刘成龙, 鱼金子, 等. 汶川 $M_S$ 8.0地震的地下流体与宏观异常及地震预测问题的思考 [J]. 地震地质, 2008, 30(4): 828-838  
Che Y T, Liu C L, Yu J Z, et al. Underground fluid anomaly and macro anomaly of  $M_S$ 8.0 Wenchuan earthquake and opinions about earthquake prediction[J]. Seismology and Geology, 2008, 30(4): 828-838
- [2] 高小其, 寇大兵, 宋和平, 等. 2008年3月21日于田7.4级地震宏观异常的调查与分析 [J]. 内陆地震, 2009, 23(3): 321-328  
Gao X Q, Kou D B, Song H P, et al. Investigation and analysis of macroscopic anomalies before and after Yutian  $M_S$ 7.4 earthquake on Mar. 21, 2008[J]. Inland Earthquake, 2009, 23(3): 321-328
- [3] 朱自强, 陈华静, 郑大林, 等. 地下流体宏观异常变化中气体作用初探 [J]. 地震, 2002, 22(4): 67-73  
Zhu Z Q, Chen H J, Zheng D L, et al. Preliminary discussion on the function of gas in the underground fluid macroscopic anomalies[J]. Earthquake, 2002, 22(4): 67-73
- [4] 杨晓芳, 黄建明, 郑黎明. 新疆地区地震宏观观测报网现状及研究 [J]. 内陆地震, 2013, 27(2): 156-162  
Yang X F, Huang J M, Zheng L M. Study and current situation of seismic microscopic observation network in Xinjiang[J]. Inland Earthquake, 2013, 27(2): 156-162
- [5] 付虹, 万登堡, 张立. 云南地区地震宏观异常特征研究 [J]. 地震研究, 2003, 26(3): 209-216  
Fu H, Wan D B, Zhang L. Study of characteristics of earthquake macro-anomaly[J]. Journal of Seismological Research, 2003, 26(3): 209-216
- [6] 徐好民. 地气·地光·地象 [J]. 地球物理学进展, 1997, 12(4): 119-126

- Xu H M. Earth gas, earth lighting and GEO-phenomenon[J]. *Progress in Geophysics*, 1997, 12(4): 119-126
- [7] 车用太. 地震与宏观异常的关系 [J]. *城市与减灾*, 2008(4): 6-7
- Che Y T. On correlation between seismicity and macroscopic anomaly[J]. *City and Disaster Reduction*, 2008(4): 6-7
- [8] 和胜利. 地震宏观异常在临震预报中的应用 [J]. *中国西部科技*, 2008, 7(5): 4-5
- He S L. The application of macroscopic anomalies in earthquake prediction[J]. *Science and Technology of West China*, 2008, 7(5): 4-5
- [9] 刘成龙, 车用太, 王广才. 大规模宏观异常的双重性及其在地震预报中的意义 [J]. *地震地质*, 2004, 26(2): 340-346
- Liu C L, Che Y T, Wang G C. Duality of large-scale macro-anomalies and their implication to earthquake prediction[J]. *Seismology and Geology*, 2004, 26(2): 340-346
- [10] 张艳凤, 马达. 云南地区地震宏观观测现状及思考 [J]. *地震地磁观测与研究*, 2022, 43(S1): 496-497
- Zhang Y F, Ma D. The present situation and thinking of earthquake macroscopic observation in the Yunnan area[J]. *Seismological and Geomagnetic Observation and Research*, 2022, 43(S1): 496-497
- [11] 廉殷朝, 张帆, 张洋. 新疆防震减灾“三网一员”体系数字化平台建设 [J]. *内陆地震*, 2022, 36(4): 320-328
- Lian Y C, Zhang F F, Zhang Y. Digital platform construction of “three networks and one reporter” system for earthquake disaster mitigation in Xinjiang[J]. *Inland Earthquake*, 2022, 36(4): 320-328