

1986年门源6.4级地震前的波速比异常与模糊数学方法的应用

1986年8月23日门源6.4级地震前,地震波速度比异常从1984年起即开始出现,异常过程中由于受1985年7月14日冷龙岭3.6级地震的影响而略有回升,以后继续呈负异常,最大幅度达7%。震前在震中以西地区的波速比值未出现回升以后的明显高值,而震中以东的九条岭地区虽然长趋势波速比值负异常不明显,但震前的趋势上升及高值的出现却十分清楚。在这一观测资料的基础上,我们曾多次作了中期趋势估计。1986年7月,我们运用模糊数学中的等价聚类和地震活动性综合判断软聚类两种方法对地震趋势进行估计。用这两种方法估计的异常地点与波速比异常较为一致,因而提出了在今后1至2个月内有可能发生4.5~5.0级地震的短期预报意见。

本文就地震波速度比异常与模糊数学方法的应用情况进行讨论。

1. 地震波速度比异常

(1) 多台平均波速比

门源地震前波速比异常的时间流程图如图1所示。由该图可见,1984年全年波速比几乎都处于负异常状态,但1985年3月回升到高值后在正常值范围内摆动,直到7月14日发生冷龙岭3.6级地震(图1a)。从8月份起负异常又开始出现(图1b),1986年4月回升到高值,而后在正常值附近摆动,8月发生6.4级地震。震中以东地区的负异常并不明显(图1c),但1986年1月至5月波速比值趋势上升十分清楚(从1.70到1.83),6月至7月出现负异常形态,8月又回升。

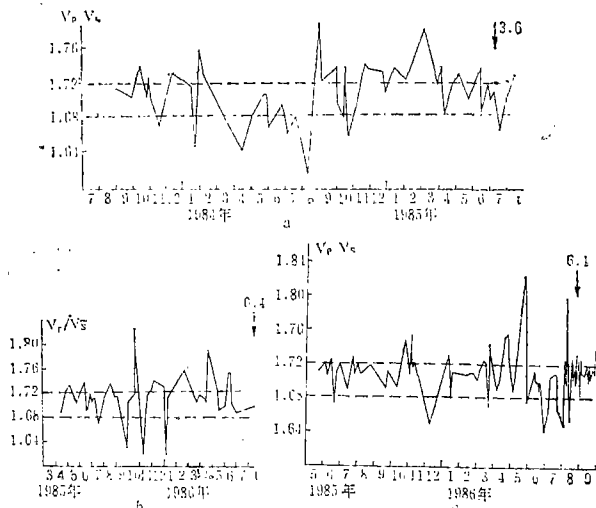


图 1

- a. 1984年—1985年震中以西地区的波速比随时间变化
- b. 1985年—1986年震中以西地区的波速比随时间变化
- c. 1985年—1986年震中以东地区的波速比随时间变化

(2) 波速比平面分布

图2是波速比平面分布图。图2a是门源地震之前8个月的情况,由图中可以比较清楚

地看出，弱震活动形成一个空区，周围十几个地震中只有一个仍处于低值，其它的均在1.68以上，形成一种有序图象，我们称之为“高值围空”。这在以往的多次地震前也曾观测到。如1985年6月23日宕昌4.9级地震以前也出现这种有序图象（图2b）。根据这一图象，我们曾作过短期预报。

用地震波速度比异常预报地震应注意以下几点：（1）充分考虑比值回升的原因是预报三要素的关键；（2）异常起始时间的判断对震级的估计影响较大；（3）异常幅度和变化趋势是判断真假异常的根据。

2. 模糊数学方法在门源地震短期预报中的应用

(1) 地震活动的背景特点

近几年来，甘肃、青海交界地区的地震活动性相对提高，门源地区附近自七十年代以来共发生4级以上的中强震18次（表1）。1982年以后，地震活动的频度与强度明显增高。

18次中强震的平面分布（图4）显示，其中一些地震在走廊东端形成一个围空弧。该弧西至民乐，南到门源北，东至永昌，正处于祁连南山断裂带的东端，有活动性深大断裂从其中穿过，另外还分布有其它一些复杂构造。

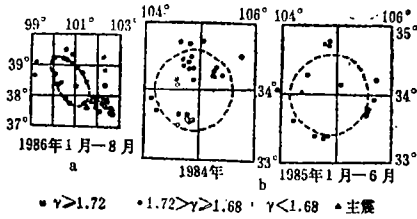


图2 门源地震及宕昌地震前的波速比高值围空现象

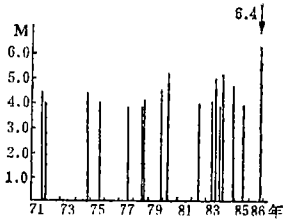


图3 M-T图

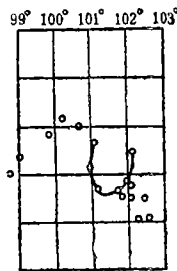


图4 七十年代以来中强震形成的围空弧

表1

| 时 间 | 经 度 | 纬 度 | 震 级 | 地 点 |
|------------|---------|--------|-----|-----|
| 1971.9.7 | 102°05' | 38°00' | 4.5 | 永昌 |
| 1971.12.8 | 100°14' | 39°19' | 4.0 | 临泽 |
| 1974.9.22 | 101°14' | 37°51' | 4.3 | 冷龙岭 |
| 1975.6.29 | 102°15' | 38°38' | 4.1 | 河西堡 |
| 1975.7.31 | 101°11' | 38°53' | 4.1 | 山丹 |
| 1977.7.20 | 102°24' | 37°12' | 3.9 | 天祝 |
| 1978.6.20 | 102°10' | 37°40' | 3.9 | 九条岭 |
| 1978.8.16 | 101°00' | 38°17' | 4.7 | 民乐 |
| 1978.11.17 | 101°09' | 38°50' | 4.1 | 山丹 |
| 1979.12.20 | 101°56' | 37°42' | 4.6 | 九条岭 |
| 1980.4.18 | 98°51' | 38°00' | 5.2 | 木里 |
| 1982.6.8 | 102°34' | 37°34' | 4.0 | 武威 |
| 1983.5.16 | 99°50' | 39°00' | 4.1 | 肃南 |
| 1983.7.27 | 99°02' | 38°32' | 5.0 | 木里 |
| 1983.12.4 | 100°43' | 39°10' | 3.9 | 张掖东 |
| 1984.1.6 | 102°11' | 37°55' | 5.3 | 武威 |
| 1984.12.7 | 102°41' | 37°14' | 4.7 | 天祝 |
| 1985.7.14 | 101°49' | 37°50' | 3.6 | 冷龙岭 |

在这次地震之前, b值也出现异常。1982—1985年 \bar{b} 值比较低, 比1976至1979年降低35%左右。而门源地震之前b值回升也十分清楚(图5)。

震前该地区的地震活动频度明显增高, 出现短趋势变化(图6)。由图6可见, 强震之前, 在8月份的26天中, 发生的地震次数已是1、2月份的3倍左右。

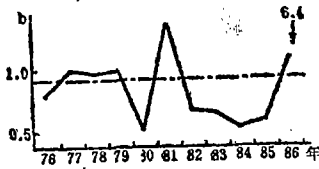


图5 门源地震前b值趋势变化

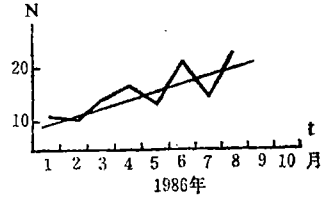


图6 月频次的变化

由于地震活动性的背景异常存在, 用模糊数学方法进行综合判断, 就有可能识别出异常。

(2) 用模糊数学方法对中期地震趋势的估计

上述地震活动性背景异常的存在, 使我们有可能用模糊数学方法进行综合判断。1986年7月3日, 我们曾作过1986年下半年地震趋势的估计。选择 99.5°E 至 104°E , 37.0° 至 39.5°N 地区, 以地震分布的平均经纬度及其散度、次数、震级、b值作为指标进行聚类, 分别以年为样本, 所得结果见表2。预报样本落入第一类。第一类中还有民乐的4.7级地震与天祝、九条岭一带的4级左右地震。第二类为九条岭的4.6级地震, 第三类为无震类。另外, 天祝4.7级地震自成一类(第四类)。这一结果良好, 只是在第一类中混入一个无震样本。结果表明, 未来地震已与最高震级的样本归入一类, 而地点可能在民乐以东九条岭以西。据此我们曾提出“1986年下半年在河西中东部的地震活动水平较高”的预报意见。

表2

| 类别 | 年份(下半年) | 地震情况 |
|----|----------------|---------------------------------|
| 一 | 77、78、81、85、86 | 天祝3.9, 民乐4.7, (/), 九条岭3.9, (86) |
| 二 | 79 | 九条岭4.6 |
| 三 | 76、80、82、83 | (/)(/)(/) |
| 四 | 84 | 天祝4.7 |

(3) 用模糊数学方法对于短期地震趋势的估计

1986年7月, 我们用等价聚类方法估计8—9月的地震趋势。9月份的结果表明, 预报样本与4号已知样本最接近, 相似系数达0.9751。4号已知样本即1978年在民乐发生的4.7级地震, 所以估计9月份在河西地区中部(山丹至民乐一带)可能发生4.5级左右的地震。

迭代软聚类方法以多种地震活动性指标为基础, 工作中采用了弱震集中度、H值、频度、强度、空区、能量释放、b值以及反映它们之间关系和时间因素的指标[8]等共12项。将b值相对低的地区作为感兴趣地区, 为估计8月份的地震趋势, 在全省共取了5个感兴趣的样本。

计算结果显示,判断 $38^{\circ}57'N, 100^{\circ}13'E$ 及 $36^{\circ}30'N, 102^{\circ}30'E$ 两个点的各项指标属于异常的从属函数几乎均大于0.6(见表3),所以聚类结果必然落入有震类。它们分别与1983年7月27日木里5.0级地震和1978年8月16日民乐4.7级地震聚在一起,再综合等价聚类与波速比的异常情况,估计“8—9月份在河西中东部(九条岭以西民乐以东)可能发生4—5级地震”。

表3

| 指标 | KC | H | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | CK | MK | EK | DK | FF | Q |
|-------------------------------------|-----|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $38^{\circ}57'$ $100^{\circ}13'$ | 0.4 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.2 |
| $36^{\circ}30'$ $102^{\circ}30'$ | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.9 | 0.8 | 1.0 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |

模糊数学方法同样处于概率预报状态,受到样本条件和其他一些条件的限制,今后还有待进一步改进。

(国家地震局兰州地震研究所顾迺平、虞雪君、李清河、盛国英、闵祥仪、侯晓玉)

参 考 文 献

- [1]冯德益,地震波速度异常,地震出版社,1981.
 [2]冯德益,楼世博等,模糊数学方法与应用,地震出版社,1983.
 [3]顾迺平等,地震活动性的综合判断,待发表.

ANOMALIES OF SEISMIC WAVE VELOCITY RADIO BEFORE THE
 MENYUAN EARTHQUAKE (M=6.4) ON AUGUST
 23, 1986 IN QINGHAI PROVINCE

Gu Jinping, Yu Xuejun, Li Qinghe, Sheng Guoying,
 Min Xiangyi and Hou Xiaoyu
 (Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau, China)