

长江口以东海域 $M_s6.1$ 地震前的地倾斜异常

钟羽云 余加虹
(浙江省地震局, 杭州 310013)

摘要 1996 年 11 月 9 日长江口以东海域发生 $M_s6.1$ 地震,震前距震中 290 km 的湖州地倾斜台观测到中期异常和短临异常,距震中 240 km 的宁波地倾斜台也观测到短临异常.这里简单介绍了地倾斜异常的演化过程以及地震三要素的预测.震前我们进行了中短期预报,取得较好效果,但没有提交短临预报意见,这主要是由于短临异常出现较晚和台站资料报送不及时所致.

主题词 地倾斜异常 地震预报 长江口

1 中期异常

这次地震前约 19 个月湖州台 SQ-70 型水平摆倾斜仪观测到 EW 分量打破正常年变规律的异常倾变以及矢量图形态异于正常年变形态的异常现象.湖州台 EW 分量正常年变形态基本上为:1~2 月往东倾,3 月份开始转为向西倾,直到 10 月初又转为向东倾.但在这次地震前的 1995 年 3 月份并未按正常年变由东倾转为西倾(图 1),而是继续东倾,并且到 10 月 18 日出现向东加速倾斜的现象,最大日变速达到 0.07 角秒(正常日变速小于 0.01 角秒).

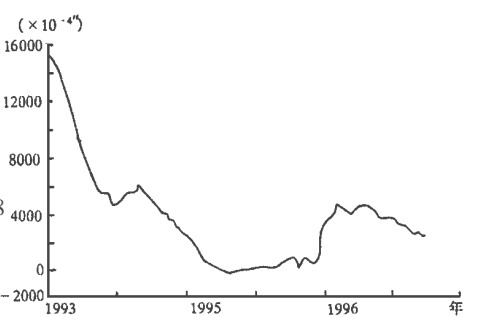


图 1 湖州台地倾斜 EW 分量五日均值曲线
Fig. 1 EW component curve on five-days average of tilt data recorded by Huzhou station.

2 短临异常

在这次地震前 3 个月开始陆续观测到宁波台 γ 因子增大、卡尔曼滤波残差超过 2.5 倍中误差限、分量图频繁突跳起伏、矢量图转折打结和一阶差分频繁突跳超过二倍中误差限等 5 项异常以及湖州台单分量曲线倾斜加速和一阶差分频繁突跳超过二倍中误差限等 2 项异常.

宁波台 EW 分量 γ 因子非常稳定,其 γ 因子均值中误差与 γ 因子均值之比小于 3%, γ 因子从 1996 年 8 月开始增大(图 2),地震发生在 γ 因子出现异常后 3 个月.

我们绘出了 1996 年宁波台地倾斜 EW 分量日均值曲线(图 3a),从图上可以看到很明显的异常.异常形态表现为频繁的突跳和起伏,按正常年变,EW 分量要在 11 月以后才由向东倾转为向西倾,但 1996 年却提前到 10 月 8 日转为向西倾,而在 4 天之后的 10 月 12 日又转为向东倾,向东倾斜只 8 天,在 10 月 20 日又转为向西倾,11 天后即 10 月 31 日又转为向东倾,到 11 月 6 日又转为向西倾斜,直到 11 月 9 日地震发生.

宁波地倾斜资料年变非常有规律,能利用卡尔曼滤波方法对资料进行很好的拟合(图 3b),但从 10 月 19 日起出现残差超过 2.5 倍中误差限的异常现象,并且该异常持续发展,到 28 日异常量级开始减小,异常趋于恢复,此次地震就发生在异常的恢复过程中.震后异常并未趋于消失,这可能是介质处于震后应力调整过程的反映.

在震前约 20 天宁波台 EW 分量一阶差分开始出现连续多次超过二倍均方误差的突跳现象.

湖州台 WE 分量在 1995 年 3 月开始出现中期异常,在此中期异常背景中,1996 年 1~9 月份的倾斜方向变化基本上与地震平静年的正常变化一致,直到 10 月 6 日才开始突然由向西倾转为向东倾,并且其倾斜速率在 10 月 7 日突然变大,致使其一阶差分在 10 月 7 日和 9 日两天出现突跳超过二倍中误差限.在向东倾斜了 10 天之后即 16 日又开始向西倾,曲线在这期间偏离正常年变曲线,出现了一个“鼓包”,异常曲线偏离正常年变曲线约 0.03 角秒,异常量级较小.地震发生在出现“鼓包”后两周(图 4).

3 地震三要素

震前没有给出准确的地震三要素预报,作为震后总结,本文作一些定性的分析.

3.1 发震时间

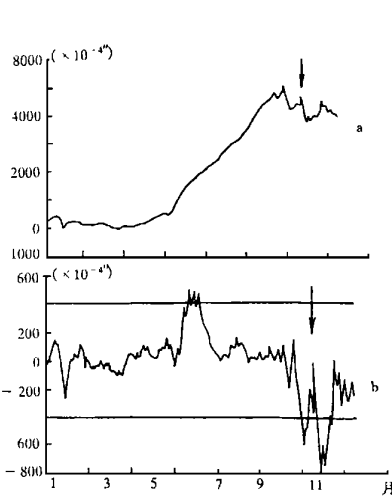


图 3 1996 年长江口地震前宁波台地倾斜资料异常

Fig. 3 Ground tilt data anomaly at Ningbo station before the Changjiang River mouth earthquake in 1996.
a EW 分量日均值曲线;
b 卡尔曼滤波波差曲线

利用信息合成方法^[1],计算单台异常信度,可以确认湖州台是在 1996 年 10 月中上旬开始出现短临异常的,宁波台也是在 10 月中上旬开始出现短临异常的.两个台出现异常的时间非常同步.从宁波台 EW 分量 10 月 8 日后出现的频繁突跳形态来看,说明地震已进入震前的失稳段和震前突变段.地震发生在大约一个月后的 11 月 9 日.

3.2 震级

从开始观测到异常算起直至地震发生大约历时 19 个月.用公式 $\lg T = 0.698M - 1.345$ ^[2] (其中 T 为异常天数) 可以算得地震震级为 $M = 5.9$, 实际震级为 6.1, 只相差 0.2.

3.3 发震地点

宁波矢量在震前 31 天突然转折指向西南方向,这次地震震中位于宁波台的东北方向,异常转折点后的指向为背向震中方向.湖州台矢量在 10 月 6 日突然转折指向北东东方向,震中位于湖州台的北东东方向,异常转折点后的指向为指向震中方向.

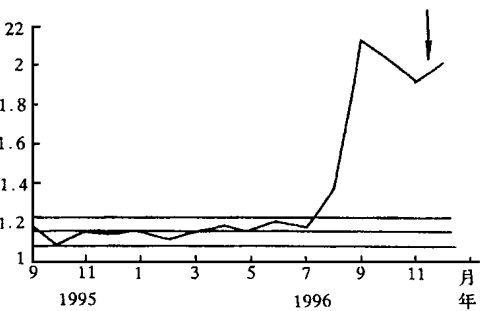


图 2 宁波台地倾斜 EW 分量 γ 因子曲线
Fig. 2 Curve on γ factor of WE component of tilt data recorded by Ningbo station.

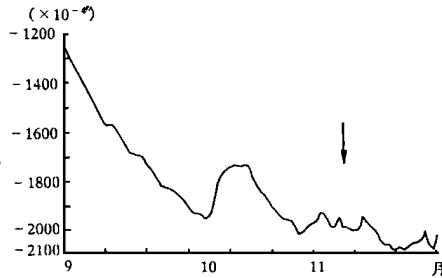


图 4 1996 年湖州台地倾斜 EW 分量日均值曲线
Fig. 4 EW component curve on daily average of tilt data recorded by Huzhou station in 1996.

参考文献

1 吴翼麟.地震形变前兆特征的识别与研究.北京:地震出版社,1994.
2 Mogi K. The relation between the duration of long-term precursors and the magnitude of the subsequent earthquake. Tectonophysics, 1987, (142): 163~ 172

($M_s \geq 6$)沿 104° 线作南北向往返迁移. 1990年 4月 26日和 10月 20日南北地震带北段发生 7.0和 6.2级强震后,地震向南迁移, 1995年 10月 24日云南武定发生 6.5级地震, 1996年 2月 3日云南丽江发生 7.0级地震. 按照南北往返迁移路线,下一个强震应向北迁移. 目前文县主应力方向已接近松潘大震的震源机制解,推测强震迁移的地点可能是甘川交界或侧重四川一侧境内.

王振亚、毛可二同志审阅了全文,并提出宝贵意见,在此表示感谢.

参考文献

- 1 张国英,杨国栋.刘家峡应力站观测数据的处理及其异常与地震的对应关系.西北地震学报, 1993, 15(1): 96~ 99.
- 2 李玉龙,侯珍清,等.中国西北陕甘宁青地震区划.兰州: 甘肃人民出版社, 1986.
- 3 秦保燕,等.松潘大震震源过程研究.西北地震学报, 1986, 8(1): 1~ 10.
- 4 闵祥仪,盛国英.南北地震带北段现代构造应力场及其地震活动.中国地球物理学会年刊, 1994.

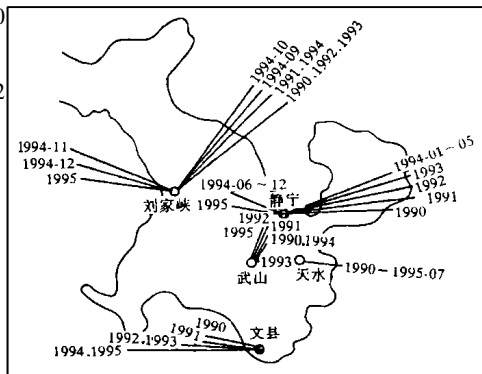


图 6 甘肃省地应力站最大主应力方向偏转图

GROUND STRESS DATA ANALYSIS AND NEAR FUTURE EARTHQUAKE TREND JUDGMENT OF GANSU PROVINCE

ZHANG Guoying YANG Guodong

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, CSB*)

Key words Stress analysis, Anomalous character, Gansu, Earthquake trend judgment

(上接 89页)

GROUND TILT ANOMALY EVOLUTIONARY CHARACTER BEFORE A $M_s 6.1$ EARTHQUAKE IN SEA ON THE EAST OF CHANGJIANG RIVER MOUTH

ZHONG Yuyun YU Jiahong

(*Seismological Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310013*)

Abstract

A $M_s 6.1$ earthquake occurred in sea on the east of Changjiang River mouth on Feb. 9, 1996. Tiltmeter at Huzhou station 290 km from the epifocus recorded medium- and short-term anomalies, and that at Ningbo station 240 km from the epifocus recorded short-term anomalies. This paper gives a description of anomaly evolutionary process and prediction of three factors.

Key words Ground tilt anomaly, Earthquake prediction, Changjiang River mouth