几次地震前峰峰地震台记录的体应变异常及其特征

1. 观测概况

峰峰地震台位于河北省邯郸市峰峰矿区，处于晋、冀、鲁、豫四省交界的重点监视区内。1984年3月国家地震局地壳应力研究所在该台安装了TJ—1型体应变仪。其钻孔位于厚层灰岩中，岩石致密完整，孔深70.36m，孔底标高163.04m。当地承压水位标高130m，探头位于最高承压水位以上。

自1984年5月正式观测以来，仪器工作稳定，资料连续。其观测精度为4×10^{-9}。观测资料表明，体应变与气压相关明显，相关系数为0.94。深井水位对体应变没有明显影响。降雨对体应变观测也没有明显的影响，仅在较大降雨的同时记录曲线有微小波动。

2. 几次地震前的体应变异常

自1984年5月正式观测以来，对周围100km范围内发生的中等地震，该台均记录到明显的体应变异常。台站与震中分布见图1。

(1)1985年11月30日任县Ms5.3地震

该次地震距峰峰地震台约100km。震前体应变测值从10月8日开始出现突降，10月8日至11日的日漂移量分别为3.7×10^{-8}、1.1×10^{-7}、1.1×10^{-7}和6.3×10^{-8}，至10月12日，变化幅度累积达3.2×10^{-7}。10月13日以后又转为缓慢回升，震前10天内测值基本恢复平稳。总的异常时间为50多天，显示了短期异常特征。值得注意的是，震前4个多小时体应变仪又记录到一个呈压性的应变阶，阶跃幅度为2×10^{-9}，抖动幅度为1.5×10^{-8}。地震时还记录到了应变波，并有不十分明显的同震应变阶，其符号仍为压性，阶跃幅度约在1×10^{-9}以内(图2)[1]。

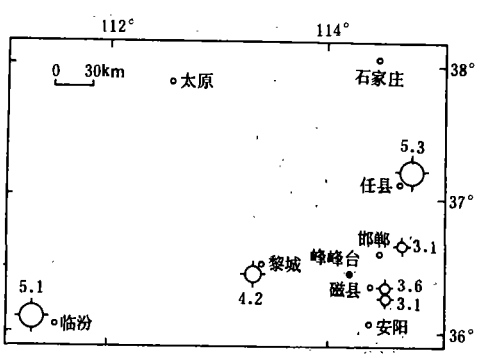

图1　台站与震中分布图

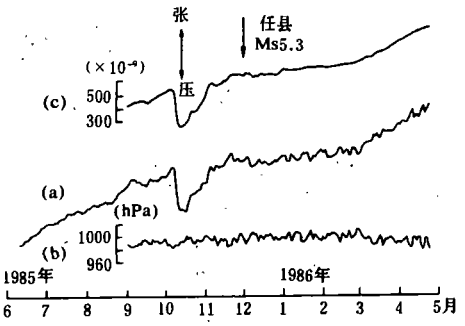

图2　任县5.3级地震前体应变测值变化曲线

a. 日均值曲线　b. 气压变化曲线

c. 消除气压影响后的体应变日均值曲线

短期异常、临震异常和震时阶跃三者均显示压性特征，这似乎意味着震前异常由断层的预位移引起，预位移的方向与震时的错动方向一致。

另外，将体应变曲线(图 2a)与气压日均值曲线相比较，可以明显看出它们之间呈负相关关系。为了排除气压的干扰，我们用多元回归方法对体应变观测值进行回归分析计算。回归方程为

$$Y_i = a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + a_3 P_i \qquad (i = 1, 2, \cdots, N) \tag{1}$$

式中 Y_i 为体应变观测日均值；P_i 为气压观测日均值；a_0 为常数项；a_1 为体应变观测线性变化部分系数；a_2 为体应变观测二次项变化部分系数；a_3 为气压影响系数；t_i 为采样时刻；N 为统计样本数。

图 2c 是经气压校正后的体应变曲线，可以看出经气压校正后的体应变曲线异常更为明显，其稳定性也大为提高。

(2)1988 年 6 月 30 日磁县 M_L3.6 地震

该次地震距峰峰地震台 20 余 km。体应变测值从 6 月 28 日 17 时开始出现张性变化，直至 19 时左右。至 6 月 29 日 04 时止，变化幅度约为 1.8×10^{-8}，随后又发生压性变化。自 29 日 06 时至 30 日 14 时的 33 小时内共计出现 8 次张性突跳，最后一次突跳结束后约 6 小时发震(图 3)。

从图 3 还可以看出，体应变记录曲线与理论固体潮曲线一直呈同步变化。但是从 6 月 28 日 17 时开始，体应变曲线出现畸变，地震后，曲线恢复。

(3)1988 年 10 月 28 日磁县 M_L3.1 地震

该次地震距峰峰地震台 20 多 km，震源深度约 15km。震前 10 月 22 日至 26 日，体应变测值与气压变化同步，但从 27 日

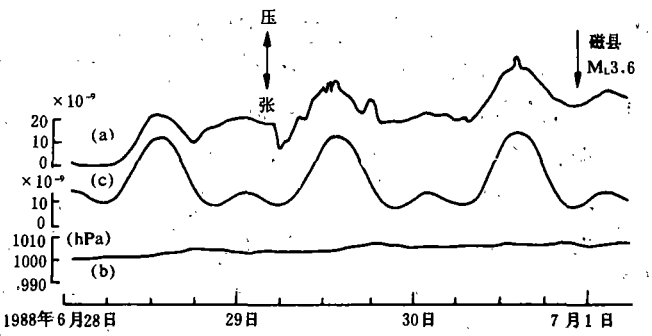

图 3　磁县 M_L3.6 地震前后体应变曲线

a. 体应变原始记录曲线　b. 气压变化曲线

c. 理论固体潮曲线

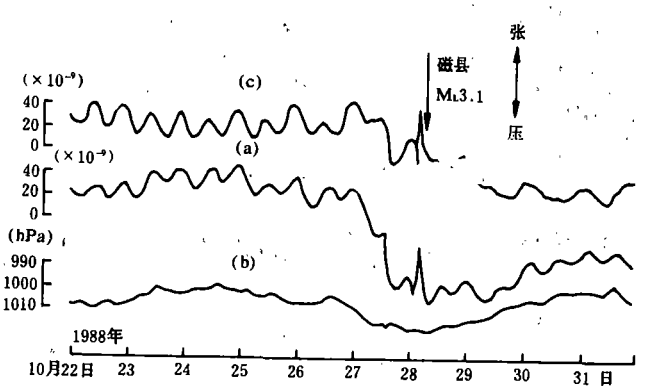

图 4　磁县 3.1 级地震前后体应变曲线

a. 体应变整点值曲线　b. 气压变化曲线

c. 消除气压影响后的体应变曲线

0时开始体应变显示压性变化，不再与气压变化同步，08时至18时发生两次记录出格，18时以后平稳，其变幅约为1×10^{-7}。6月28日04时以后自动记录曲线大幅度摆动并出格，06时20分以后基本稳定，07时55分发生地震(图4)。震后曲线没有恢复到原来的水平。临震前还记录到一系列的应变波动，可能反映了断层破裂的扩展。

(4)1991年3月14日邯郸县代召M_L3.1地震

该次地震震中距约36km。震前从3月6日13时开始体应变出现张性畸变，至3月12日15时止共出现4次，最大幅度为2.4×10^{-8}，3月14日03时20分和07时13分在邯郸县代召乡先后发生M_L3.1地震和M_L2.9地震。震后体应变曲线恢复正常。

(5)1991年4月25日山西黎城M_L4.2地震

该次地震震中距约74km。震前从4月5日开始体应变曲线发生畸变，以后又陆续出现10多次，至4月24日，最大异常幅度达2.4×10^{-8}，显示压性特征，震前5个多小时又出现一次张性异常，幅度为1.4×10^{-8}。根据上述异常，我们于4月19日提出"在一星期内邻近地区可能发生4—5级地震"的预报意见。震后曲线恢复正常。

(6)1989年12月25日山西临汾M_S5.1地震

该次地震震中距约230km，这是自1985年11月30日邢台M_S5.3地震后，发生在距峰峰地震台200km左右范围内的较强的一次地震。从12月17日开始，体应变曲线显示压性变化，19日04时原始记录又出现大幅度摆动，幅度约1.2×10^{-7}，平均异常幅度为1.0×10^{-7}。据此我们认为一个星期左右，在峰峰地震台周围100—200km范围内有可能发生5级左右的地震，并填写了预报卡片。结果在异常恢复后于12月25日03时在山西临汾发生M_S5.1地震(图5)。震后体应变曲线恢复正常。

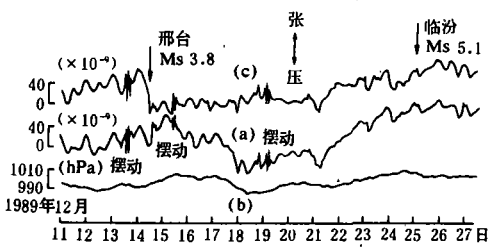

图5 临汾5.1级地震前的体应变曲线变化特征

a. 体应变整点值 b. 气压变化曲线

c. 消除气压影响的体应变曲线

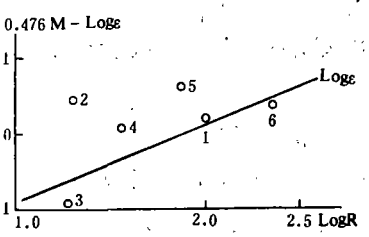

图6 体应变前兆异常幅度与应变量的关系

3. 地震前体应变异常特征

综上所述，峰峰台观测到的体应变前兆异常具有如下特征：

(1)对于几10km范围内的3级以上地震，震前几天到几小时出现临震异常。

(2)对于200km左右范围内的5级左右地震，短期异常出现在震前几天到几十天，临震异常出现于震前几天到几小时。

(3)根据郭增建、秦保燕的预位移模式[2]，文献〔3〕给出了由预位移造成的短期前兆异常的平均幅度表示式：

$$\log\varepsilon = 0.476M - \log R + 1.86 \qquad (\varepsilon\text{以}1\times10^{-9}\text{为单位})$$

由该式求得的应变量与本文所述的6次地震的短期前兆异常幅度大体相近(图6)，只有磁县 M_L3.6地震的异常幅度偏小一个量级。

(本文1990年3月2日收到)

(河北省邯郸市地震局　李志民)
(峰峰矿务局地震台　纪远刚)

参考文献

〔1〕李志民等，邢台5.3级地震前体应变反映特征，华北地震科学，Vol. 5，No. 1，1987.
〔2〕郭增建、秦保燕，大震前预位移的讨论，西北地震学报，Vol. 1，No. 2，1979.
〔3〕苏恺之，钻孔应变仪的地震监测能力，地震，No. 5，1991.

CHARACTERISTICS OF BODY STRAIN ANOMALIES OF FENGFENG SEISMIC STATION BEFORE SOME EARTHQUAKES

Li Zhimin
(Seismological Office of Handan City, Hebei, China)
Ji Yuan'gang
(Seismic Station of Fengfeng Mining Administrative Office, China)