

由井水位资料反演大同-阳高 6.1 级地震 前后应力场的动态演化过程

张昭栋¹, 刘庆国², 刘 涛³, 陈殿润¹

(1. 山东省地震局, 山东 济南 250014; 2. 山东省建筑工程学院,
山东 济南 250014; 3. 山东省建设银行, 山东 济南 250001)

摘要: 利用文献[1]给出的用井水位资料反演含水层应力变化的方法和井水位动态观测资料, 反演了大同-阳高地震前后大区域应力场的动态变化特征. 结果表明: 应力场的零值线穿过震中区. 地震前, 震中区周围应力场发生转向, 由正应力区变为负应力区, 同时正应力的量值逐渐增大. 地震发生后应力场呈缓慢变化.

关键词: 地震前兆; 井水水位; 大同-阳高地震; 应力场

中图分类号: P315.72⁺3; P315.72⁺7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)01-0066-03

0 引言

地震的孕育发生过程与地壳应力场的变化有直接的关系. 人们一般从地质考察、地壳形变测量、地震震源机制及实地应力测量等途径来估算地壳应力场的调整变化. 本文则利用文献[1]给出的由井水位变化反演含水层应力变化的方法和井水位观测资料, 反演含水层的应力变化, 研究地震前后应力变化情况, 探讨利用应力变化预报地震的途径. 大华北地区地下水位观测资料丰富, 1989年发生了大同-阳高 $M_s6.1$ 地震, 本文以该次地震为例进行讨论.

1 大同-阳高地震前后应力场的动态演化图像

1.1 应力场时空演化图像的生成

所选用的观测资料的时间段是 1983 年 1 月~1995 年 12 月. 在此时段内在华北地区北部大同附近于 1989 年 10 月和 1991 年 3 月分别发生了 $M_s6.1$ 和 $M_s5.8$ 地震.

由于油田内的水井比较深, 含水层一般在 1 000 m 左右, 有的可深达 4 000 m 以下, 并且封闭良好. 因此, 这些井的水位变化对应力应变反应较灵敏. 但是多数井水位的动态观测资料中都存在年变化. 为了消除年变干扰, 采用低通滤波的方法对观测资料进行了处理.

对各井的观测资料均取月均值^[1], 再求出各井观测资料的月距平值. 上述 2 次地震前后 1 年的资料都没有参与计算, 因为它们可能受地震孕育和发生过程的影响较大. 将各井孔观测值与距平值相减, 得出各井的水位变化值. 再利用文献[1]给出的反演应力的方法计算出各井含水层应力变化. 本文把这种方法计算出的应力场变化简称为地下水位应力场变化. 绘制出平面等值线图, 共 132 幅, 限于篇幅, 本文仅给出其中有代表性的几幅, 见图 1.

本文所用的资料主要取自大港油田、任丘油田、山西省地震局、天津市地震局、北京市地震局和中国地震局地质研究所^[2~3]。

1.2 大同-阳高地震前后应力场动态图像的时空演化过程

研究区域的范围为 $38^{\circ} \sim 42^{\circ}\text{N}$, $114^{\circ} \sim 121^{\circ}\text{E}$ 。1986 年 1 月在研究区域内, 东区和西区均为负应力区, 即张应力区。1987 年 1 月在 2 个负应力区之间出现一个 NNW 向的正应力区(压应力), 见图 1(a)。此后正应力区缓慢扩张, 1989 年 7 月演化为 2 个应力区, 东北区面积较小, 是一个负应力区; 西南区面积较大, 是一个正应力区, 见图 1(b)。1989 年 10 月应力场分布和 7 月相比有 2 点明显的变化, 一是西部的正应力区的面积由原来的扩张变为收缩, 东部的负应力区变成正应力区; 二是西区的正应力量值比原来增大, 见图 1(c)。这 2 个特点可能与地震前兆有关, 尤其是前一个特点, 即应力场的转向变化更有可能与大震的前兆有关。另外, 在大同-阳高 6.1 级地震前后(1989 年 10 月)走向 NNW 的应力零值线正巧穿过震中地区。

大同-阳高 6.1 级地震以后, 1990 年, 东部由以前的张应力区转变为压应力区, 并且面积较大, 而西部张应力区面积较小。

1991 年 1 月研究区内再次出现 NNW 向的条形压应力区, 其二侧出现张应力区。1991 年 3 月发生了大同 $M_s 5.8$ 地震, 见图 1(d)。1992 年以后直到 1995 年 1 月区域应力场又处于缓慢变化状态。

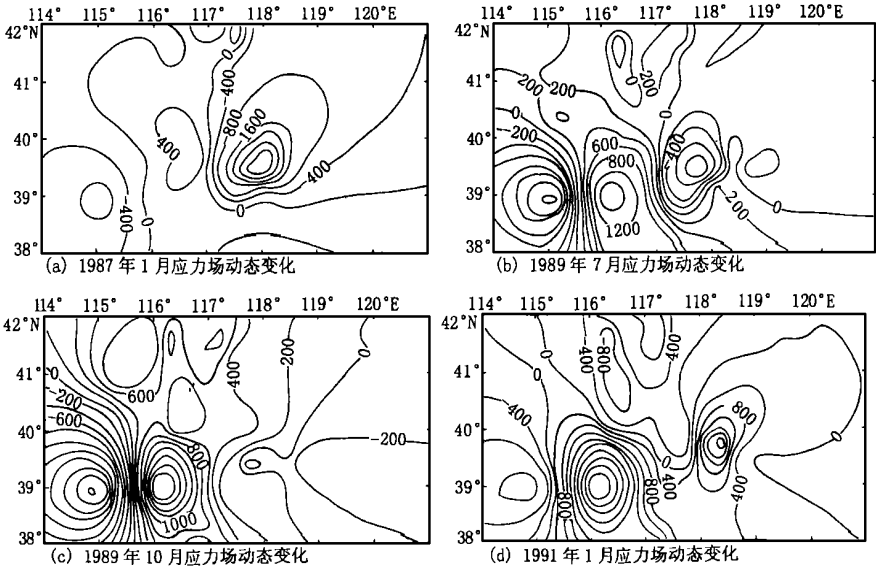


图 1 大同地震前后应力场的动态变化
Fig. 1 Dynamic change of stress field before and after the Datong earthquakes.

2 讨论

由以上应力场的动态图像演化过程可发现: (1) 应力场零值线穿过 2 次强震的震中区, 也就是说, 震中地区东部和西部的应力方向相反, 震中地区的地震断层处于垂直向应力力偶的作用之下。(2) 2 次地震前后, 区域应力场演化过程相同, 即地震前应力场由缓慢变化转变为反向和加速变化, 地震后恢复缓慢变化。

大同-阳高地震前 2 年, 地下水位应力场的动态图像开始出现“扩展-收缩”的演变过程, 震前 5 个月开始出现应力加速扩展变化。据此可以对发震时间作出大致的预测。根据应力场零值

线的分布可以对发震地点作出预测。

陈修启等(1993)曾利用二维粘弹性有限元模型,对大同-阳高 6.1 级地震前后大华北应力场(包括区域应力场和震源应力场)的变化进行了研究,得出了该次地震前的应力变化图像,见图 2。本文通过井水位变化反演的大同地震前后应力场的变化图像(图 1)与图 2 非常相似,尤其是零值线都穿过震中地区,而且走向都呈 NNW 方向。

3 结语

由地下水位变化反演的大同-阳高 6.1 级和大同 5.8 级 2 次地震前后应力场的动态变化图像大致相同。说明通过油(水)井动态反演含水层应力变化的方法是一种分析区域应力应变变化的较好的方法。通过分析应力场的动态演化图像可以对地震发生的时间和地点作出大致的预测。

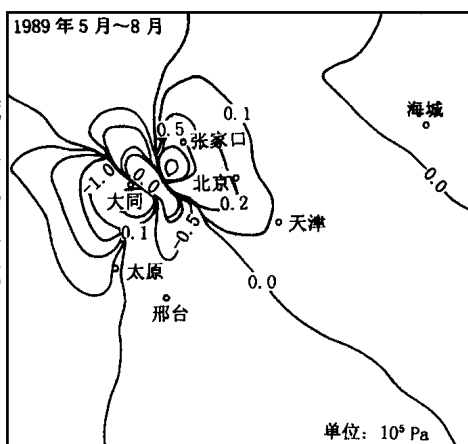


图2 大同-阳高 M_s 6.1 地震前的剪应力变化(据陈修启)

Fig. 2 Change of shear stress before the Datong-Yanggao M_s 6.1 earthquake.

[参考文献]

- [1] 张昭栋, 张广城. 利用水位阶变资料反演震时应力场的调整变化[J]. 地震研究, 1987, 10(6): 693—702.
- [2] 汪成民. 大同-阳高地震的地下水异常初析[J]. 地震, 1990, 9(4): 37—44.
- [3] 车用太, 鱼金子. 大同-阳高地震的地下水动态异常场的基本特征[A]. 见: 大同-阳高地震研究[C]. 北京: 地震出版社, 1993. 118—125.
- [4] 车用太, 鱼金子. 大同-阳高地震的发震构造活动与地下水动态异常场特征[J]. 地震, 1992, 11(5): 1—12.
- [5] 贾化周. 大同 6.1 级震群地下水动态异常特征[J]. 华北地震科学, 1992, 10(3): 21—27.

DYNAMIC EVOLUTION OF STRESS FIELD INVERTED BY USING DATA OF WELL WATER LEVEL BEFORE AND AFTER THE DATONG-YANGGAO M_s 6.1 EARTHQUAKE

ZHANG Zhao-dong¹, LIU Qing-guo², LIU Tao³, CHEN Dian-run¹

(1. Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250014, China;

2. Architectural Engineering Institute of Shandong Province, Jinan 250014, China;

3. Constructive Bank of Shandong Province, Jinan 250001, China)

Abstract: Dynamic change of regional stress field before and after the Datong-Yanggao earthquake is inverted by using data of well water level. In the inversion, the method inverting stress change in water bearing system in reference [1] is used. The results show that the zero value line of stress field crosses epicentral regions of the Datong M_s 6.1 and M_s 5.8 earthquakes. The stress field of periphery of the epicentral region transformed from positive stress into negative stress, and the value of the positive stress increased gradually before the earthquakes. After the earthquakes, the stress field is slow in change.

Key words: Well water level; Earthquake precursor; Datong-Yanggao earthquake; Stress field