

文章编号: 1003-1375(2011)02-0053-04

河北省晋 2 井水位资料预报效能

张伏凯¹, 李 薇², 刘 硕¹, 李增申², 李 军²

(1. 辛集市地震局, 河北 辛集 052360; 2. 石家庄市地震局, 石家庄 050022)

摘要: 利用深井动水位观测资料预报地震, 已经被国内外地震学家进行深入研究, 并得到了许多珍贵的震例资料。分析了 1990 年以来晋 2 井动水位原始观资料, 结果显示, 在该井附近中强地震前会出现多次阶变(组)异常。通过贝叶斯估算检验得到理论验证, 总结出的预报指标在之后的 2 次地震中得到实际应用。

关键词: 晋 2 井; 动水位; 阶变(组)异常; 河北

中图分类号: P315.75 **文献标志码:** A

0 前言

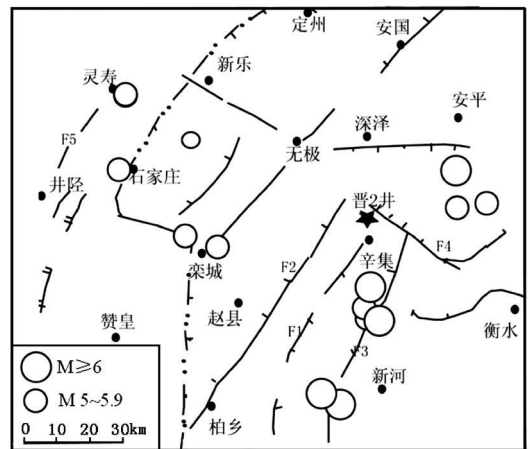
地下水是地壳中最活跃的组分之一。当它形成具有一定承压性的井—含水层系统时, 地下水位动态能客观灵敏地反映地壳应力应变信息, 在震前、震时或震后都不同程度地出现异常变化^[1-4]。地震地下水动水位观测资料与地震的关系有许多专家作过研究^[5-8]。有关晋 2 井水位异常与地震的关系, 李增申曾进行过研究^[9]。地下水位, 尤其是深层地下水位作为地震预报的观测项目, 已经成为地震短临预报的重要手段之一。多年来, 地震工作者在这方面已经开展了大量工作, 总结了很多震例并得到了许多珍贵的震例资料。

本文分析了 1990 年以来晋 2 井 19 年的动水位原始观资料, 结果显示, 在该井附近中强地震前会出现多次阶变(组)异常, 通过贝叶斯估算检验得到理论验证。利用该井多年动水位阶变异常与周围中强以上地震的对应关系, 制定了该井孔地震前兆异常识别标准和预测模式。总结出的预报指标在之后的 2 次地震中得到实际应用。

1 井点及资料概况

河北省晋 2 井位于辛集市旧垒头村西(37.9°N, 115.1°E), 井深 2 052.37 m, 成井于 1977 年 7 月, 是华北油田的石油深井, 自流。该井观测层为震

旦亚界白云岩, 埋深 1 539.40~2 052.37 m, 厚度 512.97 m, 岩溶裂隙发育, 属岩溶裂隙承压水。侧向径流补给, 不受大气降雨、地表水直接渗入补给。在构造部位上, 该井位于华北平原沉降带冀中拗陷宁晋凸起东侧斜坡上, 其东为束鹿凹陷。东距束鹿断裂 9.6 km, 北距石家庄—衡水断裂 8.6 km。现代地壳活动强烈, 属邢台—河间地震带。晋 2 井构造位置示意图见图 1。



F1—束鹿断裂; F2—柏乡断裂; F3—新河断裂;
F4—衡水断裂; F5—太行山断裂

图 1 晋 2 井构造位置示意图

晋 2 井自 1989 年开始使用 SW40 型水位自记仪进行动水位观测, 水位基本处于缓慢下降的平稳

收稿日期: 2010-09-10

基金项目: 河北省科技支撑计划项目“利用辛集晋 2 井进行地震预测预报的研究”(09276905D)

作者简介: 张伏凯(1962—), 男(汉族), 河北辛集人, 工程师, 主要从事流体监测与研究。E-mail: dzbfzk@sina.com

状态(图2), 1998年以后由于水头压力过低, 多次打开闸门调节水头高度, 固体潮显示较好, 日潮差幅度

为10 mm左右; 大气压强效应也比较明显。但是, 基本上不受大气降水和农灌井开采的直接影响。

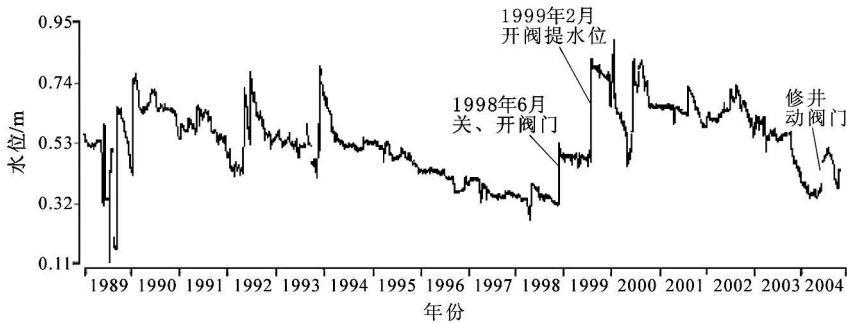


图2 晋2井水位日均值曲线

2 晋2井动水位阶变(组)异常判定与映震能力分析

2.1 晋2井动水位阶变异常判定

晋2井动水位随着高温水气外泄, 水位保持10 mm左右的自振波动幅度, 自振次数为每小时几次至十几次。但有时在几分钟或十几分钟内动水位也会出现突然上升或下降现象, 自记图纸上记录下台阶式突跳形态, 即动水位阶变。分析1989年以来观测资料发现, 不是所有的水位阶变异常都与周边显著地震有关, 只有阶变幅度较大或多次出现阶变时映震效果较好。为此, 我们从阶变幅度上对阶变异常作了限定, 把上升不小于30 mm和下降不小于40 mm分别作为阶升和阶降异常的判定指标。如果2次阶变在时间间隔上不超过30 d, 则将这2次阶变划归一组, 称为阶变异常组。自1990—2004年出现的阶变组异常为38组。

2.2 晋2井动水位阶变异常映震能力分析

通过对晋2井动水位观测资料整理, 发现晋2井阶变异常与周围显著地震存在较好的对应关系。在动水位阶变异常频繁发生时段, 晋2井周围的显著地震往往较多。所谓晋2井周围显著地震(研究区目录), 是指距晋2井100 km范围内 $M_L \geq 3.0$ 级、200 km范围内 $M_L \geq 4.0$ 级、300 km范围内 $M_L \geq 5.0$ 级和400 km范围内 $M_L \geq 5.5$ 级地震。使用的地震目录, 是2000年以前中国地震局地球物理所地震快报目录和2000年以后中国地震局地球物理所地震月报目录。

2005年下半年由于进行观测台站“十五”项目改造, 数据中断, 数字化改造完成后, 由于水头下降

较快频繁调节阀门, 致使数据的连续性较差, 2009年动水位断流改为静水位观测。因此, 本文针对1990—2004年的资料进行了研究。鉴于水位阶变异常呈丛出现的特征, 为了说明阶变异常与周围显著地震的对应效果, 我们把时间上相对集中出现的阶变异常和显著地震分别进行成组划分, 把发生在同一个阶变异常组预报时段内的地震划归为一组。从1990—2004年该井动水位共发生阶变异常71次38组, 在此期间晋2井周围共发生显著地震69次, 其中6.0级以上地震1次, 5.0~5.9级地震13次, 4.0~4.9级地震13次, 3.0~3.9级地震48次, 图3a标出了4.0级以上的地震。4.0级以上27次地震中只有3次地震之前68 d内没有出现阶变异常。有34组阶变异常中有17次在68 d内发生了4.0级以上地震, 对应率为50%, 没有发生4.0级以上地震的阶变组异常后, 研究区都有3.0级以上地震发生(图3b), 说明阶变异常与地震活动水平相关性很好。阶变异常较为集中的时段, 周围显著地震也会较多。

2.3 预报效能的贝叶斯估算检验

对于34次阶变异常组, 其中有16次与70 d预报时段内的显著地震相对应(可实现准确预报), 而另外8次阶变异常组没有对应显著地震。反过来, 对于34组显著地震, 其中20组处于阶变异常组的预报时段内, 而另外10组不在阶变异常组的预报时段内。

根据文献[10], 对晋2井水位阶变异常组的映震概率进行检验。经统计, 有异常有震、有异常无震、有震无异常等几种情况的频次见表1。

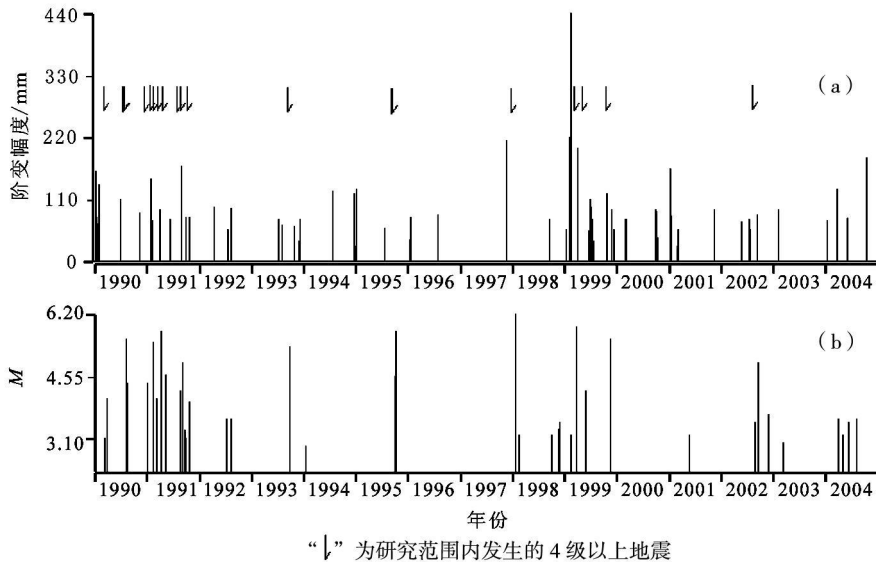
图 3 晋 2 井动水位阶变异常及研究区 3 级以上地震 $M-T$ 图

表 1 晋 2 井阶变异常组与地震相互关系表

	有异常	无异常	Σ
有震	$n_1^1 = 26$	$n_1^0 = 8$	$N_1 = 34$
无震	$n_0^1 = 8$		
Σ	$N_1 = 34$		

采用 P 的检验分布为 0—1 区间的均匀分布的贝叶斯估计, 贝叶斯算式为:

$$P(N, n) = (n+1)/(N+2)$$

据此, 有震异常率的贝叶斯估算值为:

$$P_1^1 = (n_1^1 + 1)/(N_1 + 2) = (24 + 1)/(38 + 2) = 0.63$$

而地震对应异常率的贝叶斯估算值为:

$$Q_1^1 = (n_1^1 + 1)/(N_1 + 2) = (24 + 1)/(38 + 2) = 0.63$$

作为衡量异常与地震相互对应率的综合指数为:

$$T = P_1^1 \cdot Q_1^1 = 0.63 \times 0.63 = 0.397$$

按一般规定, $T > 0.35$ 作为评价异常与地震相互对应程度的综合指标。显然, 经过以上检验, 认为晋 2 井阶变异常与周围显著地震有较好的对应关系。确定阶变异常发生后 70 d 内晋 2 井周围将发生显著地震的预报方法有效。

3 预报实践

3.1 1999 年 3 月 11 日张北 $M_L 5.9$ 级地震的预测

1999 年 1 月 17 日, 晋 2 井阶升 30 mm, 2 月 8

日阶降 74 mm, 同日又阶升 46 mm, 2 月 12 日阶降 120 mm, 同日又阶升 120 mm, 构成阶变异常(组)。石家庄市地震局分析预报中心曾以晋 2 井阶变组异常为主, 做出了包括“山西带中、北段可能发生 $M_L 5$ 级左右地震”的短临预测意见。结果在预报期间内发生了张北 $M_L 5.9$ 级地震^[9]。

3.2 1999 年 11 月 1 日大同一浑源 $M_s 5.6$ 级地震的预测

晋 2 井水位于 1999 年 6 月 26 日阶降 57 mm, 7 月 5 日阶升 52 mm, 7 月 10 日阶升 34 mm, 7 月 16 日阶降 40 mm, 7 月 19 日阶降 40 mm。石家庄市地震局分析预报中心以晋 2 井阶变组异常为主, 作出了“华北地区 1999 年 10 月份存在发生 $M_L 5$ 级左右地震的可能, 尤其京西北及渤海附近地区值得注意”的预测意见。结果在预测区内发生了大同一浑源 $M_s 5.6$ 级地震^[9]。

4 结论与讨论

一般而言, 根据单井观测资料进行地震预报难度较大, 单井预报主要是发震时间的预报, 对震级和发震地点的预报可靠性低^[11]。虽然利用晋 2 井阶变组异常, 做出了 2 次较好的预测, 但从有观测以来的观测资料分析, 不是所有的水位阶变异常都与周边显著地震有关, 只有阶变幅度较大或多次出现阶变时映震效果较好。

从晋 2 井阶变组异常所对应的中强以上地震的震中区域来看, 山西带中段、北段至京西北地区显著。实际是上 1989 年以来山西带中段、北段至京西

北地区是地震的主要活动区域,晋2井阶变组异常所对应的11次地震中,这一区域的地震就有7次。2006年7月4日文安5.1级地震前没有出现较大幅度的阶变和多次阶变异常。另外,产生阶变的原

因很多,不仅与地震孕育应力场变化有关,而且与观测系统有很大关系。所以有关晋2井阶变组异常与地震的关系有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 万迪坤,汪成民,李介成,等.地下水动态异常与地震短临预报[M].北京:地震出版社,1993.
- [2] 张国民,陈建民,李志雄,等.一九九八年张北地震[M].北京:地震出版社,1999:99-131.
- [3] 张素欣,温学勤,郑云贞,等.地下水动态多年周期与中强震多发期[J].华北地震科学,2002,20(1):32-37.
- [4] 邵永新,郑文俊.天津水动态项目异常的典型特征[J].地震,2002,22(4):123-129.
- [5] 曹新来,张素欣.万全井水位动态分析及地震前兆异常[J].地震学报,1999,21(3):323-328.
- [6] 张素欣,郑云贞.昌黎井水氡、水位、降雨之间的相关分析[J].地震,1999,19(3):309-312.
- [7] 张世民,舒优良,黄辅琼,等.甘肃玉门5.9级地震前周至数字化综合观测井的异常特征[J].华北地震科学,2003,21(3):37-41.
- [8] 张素欣,张子广,张跃刚,等.2004年12月26日印尼大地震河北省数字水位地热记震能力分析[J].华北地震科学,2005,23(3):27-30.
- [9] 李增申,雷荣珍,李薇,等.晋2井动水位与周围显著地震的对应关系[J].华北地震科学,2006,24(3):24-28.
- [10] 贾化周,等.井孔映震能力单井短临预报指标的研究[C]//中国地震预报方法研究.北京:地震出版社,1991.
- [11] 国家地震局科技监测司.地震地下水手册[M].北京:地震出版社,1995.

Earthquake Prediction Efficiency Assessment of Groundwater Level in Jin-2 Well of Hebei Province

ZHANG Fu-kai¹, LI Wei², LIU Shuo¹, LI Zeng-shen², LI Jun²

(1. Earthquake Administration of Xinji, Xinji 052360, China;

2. Earthquake Administration of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050022, China)

Abstract: In this paper, dynamic water level data of Jin-2 well since 1990 are analyzed. The result shows that repeated stepping (group) anomalies appear before the occurrence of moderate earthquake in the surrounding area of the well. Predication index are summarized and verified using Bayesian hypothesis testing and applied in the prediction of two earthquakes occurred later.

Key words: Jin-2 well; dynamic water level; stepping change anomaly; Hebei