

# Study on the Relativity between the Water Level Anomalies in the Yue Zhuang Deep Wells and Earthquakes

Bing Liu<sup>1</sup>, Xiangbin Kong<sup>2</sup>, Zhen Lv<sup>1</sup>, Feng Wang<sup>1</sup>, Chong Chen<sup>1</sup>, Musen Li<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Shandong Engineering Research Centre for Superhard Materials, Zoucheng

<sup>2</sup>Zoucheng Seismological Bureau, Zoucheng

<sup>3</sup>School of Materials Science and Engineering of Shandong University, Jinan  
Email: soldier-04@163.com

Received: Feb. 27<sup>th</sup>, 2013; revised: Mar. 14<sup>th</sup>, 2013; accepted: Mar. 21<sup>st</sup>, 2013

Copyright © 2013 Bing Liu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** The earthquake will result in the intense change of stress, strain in geological structure and result in the corresponding change of the aquifer stress state and well water level abnormal changes. According to the special geological structure of the Zoucheng city, Shandong province and the recorded earthquake-related information from Yue Zhuang deep well, the water level anomalies were analyzed in this paper. The analysis results showed that the Yue Zhuang deep well has good earthquake reflecting ability and amplification; therefore it's beneficial to develop the seismic monitoring.

**Keywords:** Earthquake; Monitoring; Water Level; Earthquake Reflecting Ability

## 岳庄深水井的水位异常与地震的相关性研究

刘兵<sup>1</sup>, 孔祥斌<sup>2</sup>, 吕震<sup>1</sup>, 王风<sup>1</sup>, 陈冲<sup>1</sup>, 李木森<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>山东省超硬材料工程技术研究中心, 邹城

<sup>2</sup>邹城市地震局, 邹城

<sup>3</sup>山东大学材料科学与工程学院, 济南

Email: soldier-04@163.com

收稿日期: 2013年2月27日; 修回日期: 2013年3月14日; 录用日期: 2013年3月21日

**摘要:** 地震会造成地质结构发生应力、应变的剧烈变化, 因而导致含水层的受力状态发生相应改变, 使水井水位变化异常。本文针对山东省邹城市的特殊地质结构和该市岳庄深水井记录的地震相关变化信息, 对该水井的水位异常现象进行了分析。结果表明, 岳庄深水井具有良好的映震能力和放大功能, 开展地震监测是有利的。

**关键词:** 地震; 监测; 水位; 映震能力

### 1. 引言

在地震的孕育、发生和发展过程中, 往往可以观测到地下水的各种异常变化<sup>[1-9]</sup>。1975年海城 Ms7.2地震的成功预报的一个重要依据也是来源于地下水位的异常。由此可见, 地震活动引起地下水位异常是普遍存在的, 深层地下水位对地壳微小的应力、应变

变化具有明显的放大作用, 一口封闭性良好的承压水井可视为一架窥视地壳应力活动的天然综合仪器, 可以揭示地震活动引起地壳应力、应变的变化过程。因此, 深层地下水位动态被认为是地震预报探索中最有希望的手段之一。

本文针对山东省邹城市的特殊地质结构, 以该市

岳庄深水井的水位记录得到的地震相关动态信息,分析该水位异常现象与地震的相关性,为进一步依据该深水井的水位监测资料开展地震监测和预报奠定重要的实验基础。

## 2. 邹城市的特殊地质结构与岳庄水井的基本情况

### 2.1. 邹城市地质结构

山东省邹城市及周边区域在大地构造分区上处于华北断块区东南部的鲁西断块内,鲁西断块的地壳表层属典型的地台式结构。峰山断裂带位于该大地构造分区内,全长约 140 公里,是一条区域性南北向大断裂带。峰山断裂带对鲁西南地区的地形、地貌有明显的控制作用,因而对该地区的地震活动也具有控制作用。鲁西断块处于郯庐断裂带和聊考断裂带两大强震带之间,峰山断裂带纵贯南北,苍尼断裂带、鳧山断裂带斜跨东西,地质构造复杂,历史上多次遭受地震影响。特别是近十几年来,鲁西南断陷区大量开采煤炭形成采空区,塌陷造成矿震急剧增多,矿区塌陷地震震源极浅,只有地下 500 米,频繁震动对地面影响大,有可能引发较大构造地震。

### 2.2. 岳庄地震观测水井地质资料

邹城市地震局 2004 年在岳庄建立了一个地震监测站,该站主要利用一口深 800 米水井改造而成,处在峰山断裂带的支一和支二小断层间。岳庄地震观测站位于山东省邹城市经济开发区内(北纬  $35^{\circ}23'$ ,东经  $116^{\circ}56'$ ),处在峰山断层。该断层走向大体南北,倾向西,落差 35~75 米,倾角大于  $75^{\circ}$ ,奥灰与十四层灰

岩断层接触,角砾岩为灰岩碎块和泥岩胶结较好,透水性差。自 2004 年以来积累的大量水位监测资料显示,该井所记录到的水位固体潮曲线规律性比较好,对地下应力响应灵敏,且有较好的放大功能。因此,利用该水井开展地震监测和科学研究是十分有利的。

### 2.3. 岳庄水井地震观测仪器

地下水位动态观测分为观测井孔水位埋深的“静水位”和观测自流井水头高度的“动水位”。岳庄深水井设置了 SW-40 型水位自动记录仪,其工作原理如图 1 所示。

## 3. 岳庄水井水位记录的地震相关水位异常现象与分析

### 3.1. 岳庄水井记录的水位异常图例

采用 SW-40 型水位自动记录仪记录到了 2010 年 2 月 27 日智利发生 ML8.8 级地震(图 2)、2011 年 3 月 11 日日本发生 ML9.0 级地震(图 3)和 2011 年 10 月 30

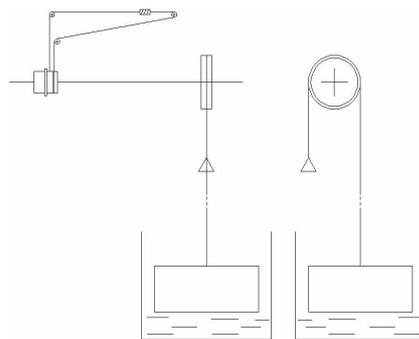


Figure 1. Working principle diagram for the underground water level instrument of SW-40

图 1. SW-40 型水位自动记录仪工作原理图

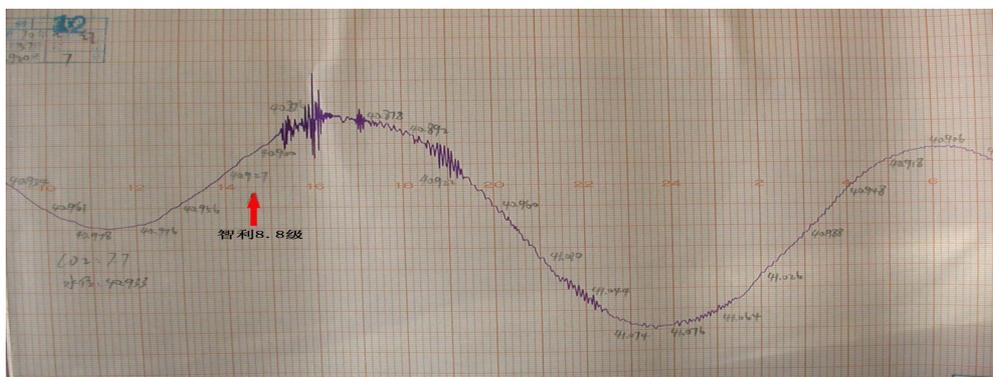


Figure 2. Water-level earthquake wave of the ML8.8 earthquake occurred in Chile recorded by wells in Yue Zhuang  
图 2. 岳庄水井记录的智利 ML8.8 级地震水位波形图

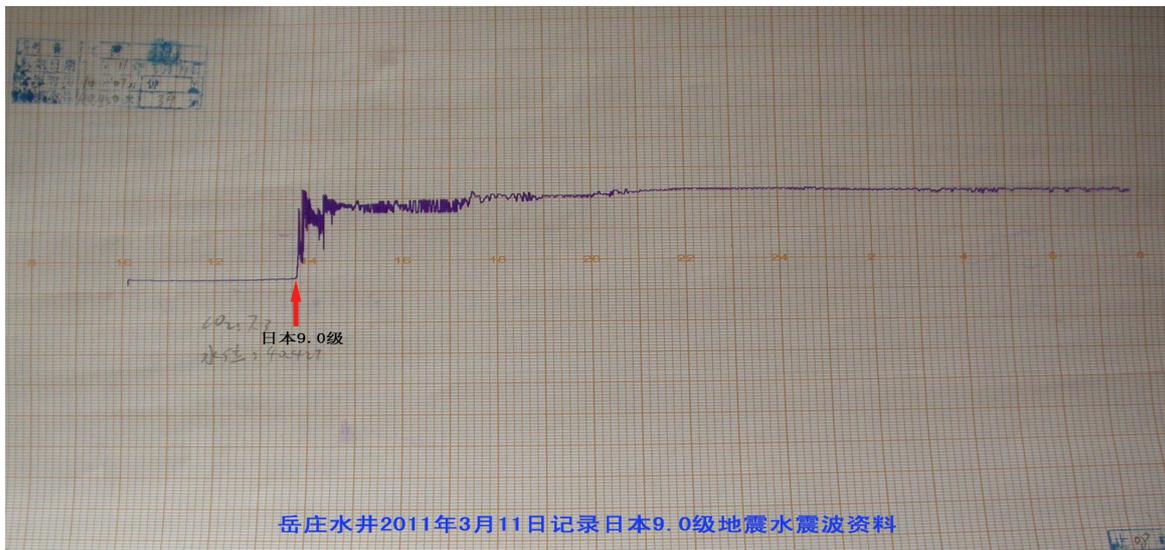


Figure 3. Water-level earthquake wave of the ML9.0 earthquake occurred in Japan recorded by wells in Yue Zhuang  
图 3. 岳庄水井记录日本 ML9.0 级地震水位波形图

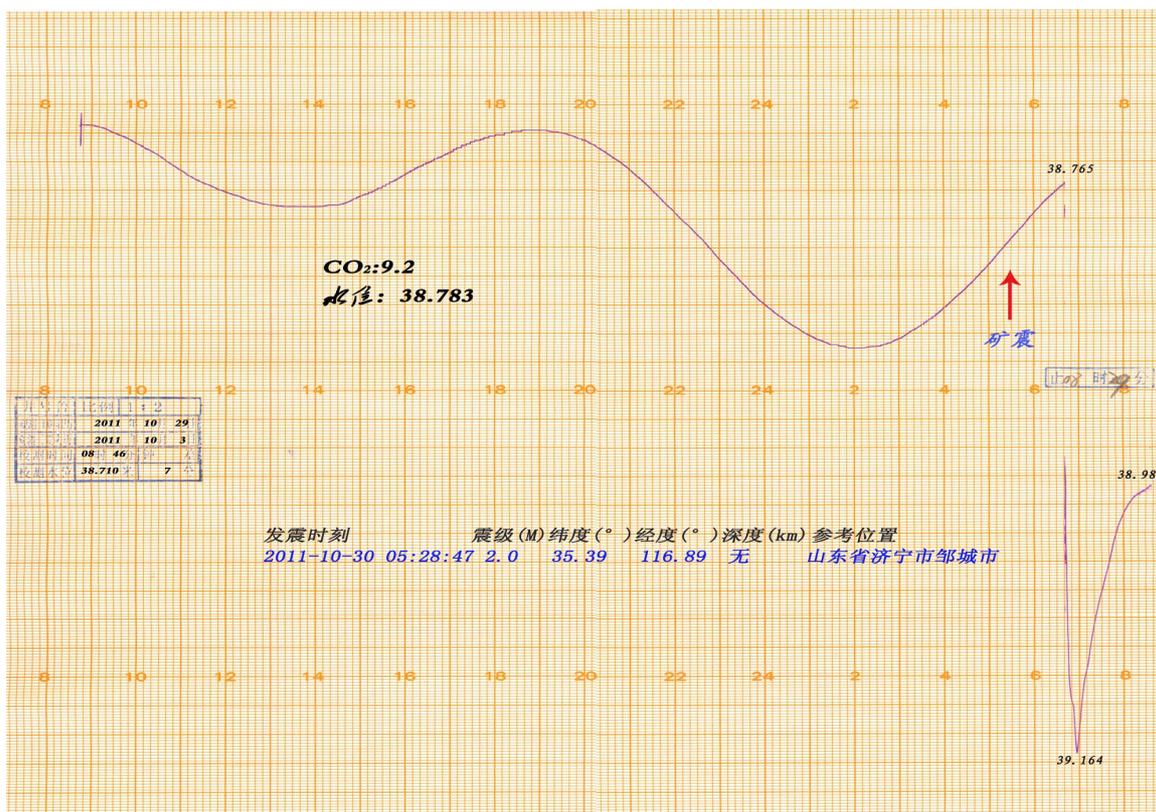


Figure 4. Water-level earthquake wave of the ML2.0 mine earthquake occurred in Zoucheng recorded by wells in Yue Zhuang  
图 4. 岳庄水井记录的邹城市 ML2.0 级矿震水震波波形图

日邹城市发生 ML2.0 级矿震(图 4)。可以看出，岳庄水井的水位异常震相清晰可见，说明该深水井具有良好的映震能力和放大功能。

相对于智利 ML8.8 级地震的水震波震幅接近 100

mm，持续时间达 6 小时以上。相对于日本 ML9.0 级地震的水震波震幅接近 90 mm，持续时间达数小时。而相对于邹城市 ML2.0 级矿震记录的水位波形图，可以看出其震相的振幅接近 400 mm、持续时间达 1 个

半小时之久，而且非常清晰。

由图 2 至图 4 可以看出，岳庄水井记录的地(矿)震水震波波形图非常清晰，原因是：

1) 该深水井处于峰山断裂带的支一和支二小断层间断层；

2) 该深水井深 802 m，其周围含水层的含水量十分丰富，对地质结构的应力、应变比较敏感；

3) 该深水井封闭性好，因而其水位的异常变化与含水层应力、应变直接有关系。

### 3.2. 汶川和玉树地震相关的水位异常变化与分析

图 5 是在 2008 年 5 月 12 日四川省汶川发生 ML8.0 级地震前后由岳庄水井记录的 5 月份日均值水位波形图，可以看出，在地震前岳庄水井的水位持续发生大幅度下降，降幅约 0.65 米。其中 5 月 9 日至 12 日下降了约 0.50 米。5 月 12 日后，则岳庄水井的水位逐渐回升。5 月 12 日地震发生时岳庄水井的水位正好处在 5 月份日均值水位波形图的最低点，这与地震相关水位异常现象的理论分析观点相符合。

地震学家从不同角度提出了各种理论和模式来解释地震地下水水位异常与地震过程的关系，较为流行的有扩容 - 扩散(DD)模式<sup>[10]</sup>、裂隙串通或雪崩(IPE)模式<sup>[11]</sup>和微裂 - 预位移模式<sup>[12]</sup>。三种模式都是从震源及其附近岩体的应力、应变变化过程出发探讨地震前兆成因及其规律性，且一致认为，从地震孕育到发生的过程中，震源区的地下水水位会发生明显的突变，即由下降转为上升。

图 6 是在 2010 年 4 月 14 日青海省玉树发生 ML6.3



Figure 5. The average daily vale of water level in May 2008 recorded by wells in Yue Zhuang

图 5. 2008 年 5 月岳庄水井记录的日均值水位波形图

2010年3-4月日均值水位波形图

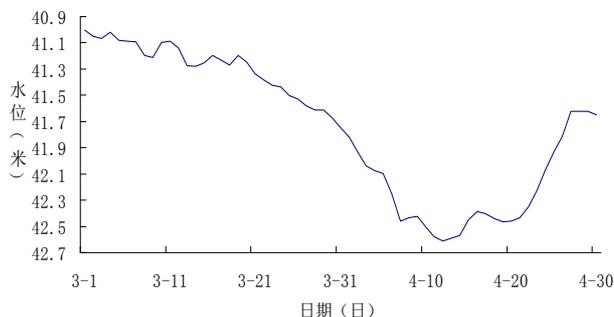


Figure 6. The average daily vale of water level in March to April 2010 recorded by wells in Yue Zhuang

图 6. 2010 年 3~4 月岳庄水井记录的日均值水位波形图

级地震前后由岳庄水井记录的 3~4 月份日均值水位波形图，可以看出，在地震前岳庄水井的水位持续发生大幅度下降，降幅约 1.40 米，而且其下降的特点是每天水位缓慢下降，持续时间长达 24 天多。4 月 14 日后，则岳庄水井的水位逐渐回升。4 月 14 日地震发生时岳庄水井的水位正好处在 3~4 月份日均值水位波形图的最低点。

岳庄水井对汶川 ML8.0 级和玉树 ML6.3 级地震前、后的水位出现先降低、后回升的明显变化的主要原因是：

1) 汶川和玉树地震的震级较大，影响范围很广，余震较多。而且汶川和玉树地震的震源深度较浅(均为 14 公里)，属于强烈的浅源性地震。

2) 虽然汶川震中距离岳庄水井有 1316.67 千米，玉树震中距离岳庄水井有 1848.03 千米，但汶川和玉树与岳庄水井的地理位置同属于亚欧板块，所以地震波的影响会很明显的。

3) 岳庄水井地处峰山断裂带的支一和支二小断层间，因此其地理位置优越，这是该深水井的水位波形对地震的映震能力良好的重要条件。

## 4. 结论

综上所述，通过对智利、日本、汶川、玉树及邹城市发生的地(矿)震采集的水位异常和水震波异常现象的观测和分析结果表明，山东省邹城市岳庄深水井对地(矿)震的映震能力良好。在近几年的地震监测中提供了重要的相关信息，为利用该深水井进一步开展地震监测和预报的研究工作提供了有利的条件、奠定了实验的基础。

## 参考文献 (References)

- [1] Committee on the Alaska Earthquake of the Division of Earth Sciences National Research a Council. The great Alaska earthquake of 1964. Washington DC: National Academy of Sciences, 1968.
- [2] 国家地震局预测预防司编. 地下流体地震预报方法[M]. 北京: 地震出版社, 1997.
- [3] 耿杰, 张昭栋, 魏焕等. 唐山地震前后地下水动态图像及其形成演化模式[J]. 地震地质, 1998, 20(3): 255-260.
- [4] 孙振璈, 孙天林, 简春林. 张北 6.2 级地震前北京地下水位井网动态异常初析[J]. 华北地震科学, 1998, 16(3): 53-61.
- [5] 林淑真, 李宗仰, 陈擘家. 台湾地区 9.21 及 3.31 地震的地下水位异常统计与介入分析[J]. 地震地质, 2003, 26(4): 321-327.
- [6] C.-Y. Wang, C.-H. Wang and C.-H. Kuo. Temporal change in groundwater level following the 1999 (Mw = 7.5) Chi-Chi earthquake, Taiwan. *Geofluids*, 2004, 4(6): 210-220.
- [7] 李军. 雅江地震前地下水位异常变化[J]. 四川地震, 2002, 1: 27-31.
- [8] 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.
- [9] T. Sato, N. Matsumoto, Y. Kitagawa, et al. Changes in groundwater level associated with the 2003 Tokachi-oki earthquake. *Earth Planets Space*, 2004, 56(3): 395-400.
- [10] A. Nur, J. D. Byerlee. An exact effective stress law for elastic deformation of rocks with fluids. *Journal of Geophysical Research*, 1971, 76(26): 6414-6419.
- [11] B. И. 米雅奇金, 著, 冯德益, 顾瑾平, 译. 地震孕育过程[M]. 北京: 地震出版社, 1979.
- [12] 郭增建, 秦保燕, 汤泉等. 震源孕育模式的初步讨论[J]. 地球物理学报, 1973, 16(1): 43-48.