

# 西安地区地下热水季节性活动与 区域地震活动的关系研究\*

王卫东<sup>1</sup>, 林晨<sup>2</sup>, 张永志<sup>1</sup>, 赵云峰<sup>1</sup>

(1. 长安大学 地质工程与测绘学院, 西安 710054; 2. 浙江大学 理学院, 杭州 310027)

**摘要:** 根据西影井热水水位的观测资料, 分析了西安地区地下热水活动的季节性特征及其与区域地震活动的关系。结果表明西安地区地下热水活动与区域地震活动明显相关, 其相关性基本不受季节性用水的影响, 反映出它们受同一构造力源的控制, 同时, 西安地区地下热水活动与西安及邻区的地震活动最为密切。

**关键词:** 地热水; 地震活动性; 季节性用水

中图分类号: P641.2; P315.5

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)01-0207-03

## Study on the Correlation Between the Seasonal Activity of Geothermal Water and Regional Seismic Activity in Xi'an area

WANG Weidong<sup>1</sup>, LIN Chen<sup>2</sup>, ZHANG Yongzhi<sup>1</sup>, ZHAO Yunfeng<sup>1</sup>

(1. School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. College of Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** Based on the geothermal water level data of Xiying well and the earthquake data recorded by the seismic network of Shaanxi province, the relationship between the seasonal activity of geothermal water and regional seismic activity is studied. The results show that the activity of geothermal water in Xi'an is obviously related to the regional seismic activity, and the correlation is not influenced by the seasonal exploitation of underground water, which indicating they are both controlled by the same tectonic source force. And the activity of geothermal water has the closest relationship with the seismic activity in Xi'an and its neighboring area.

**Key words:** geothermal water; seismic activity; seasonal exploitation of underground water

从 20 世纪 70 年代发现钻孔注水诱发地震, 到 20 世纪 90 年代国际上出现地壳流体研究的热点, 人们越来越认识到地壳中流体的存在, 并对地下流体, 特别是热水在地震孕育与发生过程中的作用进行了深入的研究<sup>[1-6]</sup>, 国内也对地热水与地震活动的关系进行了一些研究<sup>[7-8]</sup>。

西安地区属于国家级地震重点监视防御区, 历史上发生过多次强烈地震, 过量开采地下承压水已引起西安市严重的地面沉降和地裂缝活动, 刘快胜等发现西安市地裂缝活动和地下热水的开采有明显的相关性<sup>[9]</sup>, 吴富春等认为西安地区的地下热水开

采没有诱发西安地区的地震<sup>[10]</sup>。我们以往的研究则表明西安地区地下热水开采和区域地震活动密切相关, 西安市抽取地下热水的影响范围主要局限于西安及邻区<sup>[11-12]</sup>。本文在研究西影井水位观测资料的基础上, 分析了西安市地热水活动的季节性特征, 及其与西安及邻区、关中东部地区和关中地区地震活动的相关性。发现西安市地下热水活动与区域地震活动密切相关, 其相关性基本不受地热水活动季节性变化的影响, 表明与构造活动相关的区域应力场变化引起地下水系统的变形和岩石孔隙水压力的变化, 可能导致地下热水活动的异常。

\* 收稿日期: 2009 08 04

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40534021)

作者简介: 王卫东(1967-), 男, 陕西宝鸡人, 教授, 博士研究生, 主要从事地球物理学的教学与研究。E-mail: chdwd@163.com

### 1 西影水位季节变化特征

西安地区的地下热水开采有明显的季节性变化,一二季度用水量,三四季度用水量小<sup>[13]</sup>,但地下热水开采的季节性变化是否与区域地震活动相关尚缺乏研究。位于西安市南郊的西影井观测段是第三系热水,其周围的地热水开采始于 1992 年。因

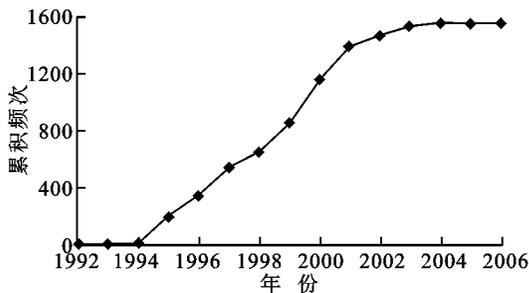


图 1 1992- 2006 年 1- 2 季度水位异常曲线

此,本研究选取西影井 1992- 2006 年的水位日均值资料,研究地下水位季节性变化与区域地震活动的关系。将观测水位日均值资料,经气压校正后,对校正值进行一阶差分,对 1- 2 季度和 3- 4 季度超出背景阈值的超差次数进行了统计,得到西影井水位 1- 2 季度和 3- 4 季度超差次数的累计曲线图(图 1- 2)。

由图可以看出,该井每年的水位变幅(或超差次数)相差悬殊,具有明显的阶段性特点,可分为 3 个阶段:第 I 阶段(1992- 1993 年)水位动态比较平静,第 II 阶段(1994- 2000 年)水位动态比较活跃,第 III 阶段(2000- 2006 年)水位动态又趋于平静;该井 1- 2 季度和 3- 4 季度的季节性变化不很明显,但在 1997- 1998 年间略有不同,1997 年 3- 4 季度的超差次数明显多于 1997 年 1- 2 季度的超差次数,可能与 1998 年 1 月 5 日泾阳 5.2 级地震对地下水的有关。

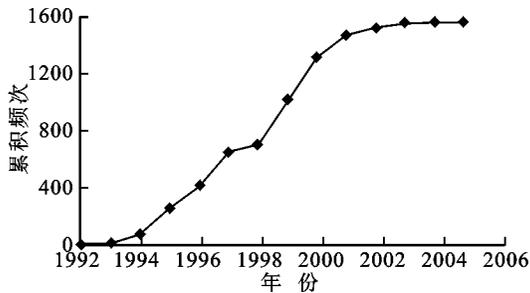


图 2 1992- 2006 年 3- 4 季度水位异常曲线

### 2 区域地震活动特征

利用 1992- 2006 年间陕西省地震目录,对关中地区(33. 5°- 35. 5°N、106°- 111° E)、关中东部地区(33. 5°- 35. 5°N、108°- 111° E)和西安及邻区(33. 8°- 34. 7°N、108. 5°- 109. 5°E)的地震活动性进行了分析,得到了累积地震应变能年释放量时间序列图<sup>[12]</sup>(图 3- 5)。

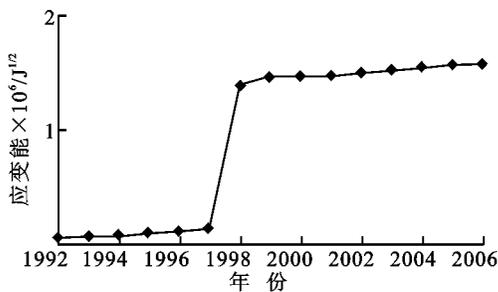


图 4 西安及邻区地震应变释放累计曲线

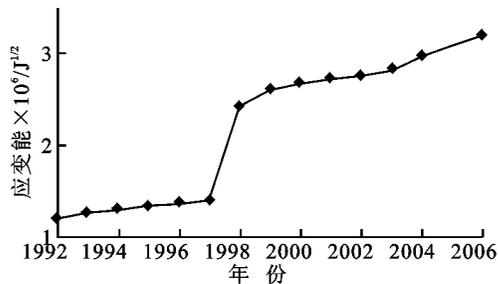


图 5 关中东部地区地震应变释放累计曲线

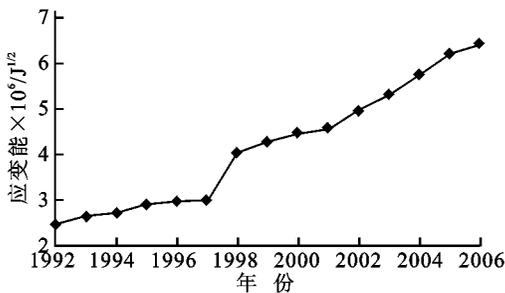


图 3 关中地区地震应变释放累计曲线

由图可见,1992- 2006 年,地震活动也具有较为明显的阶段性特征,且每阶段的持续时间、活动水平与西影井水位异常活动有较好的一致性。

### 3 地震活动与西安市地下热水活动相关性分析

对比图 1- 5 可见,三个区域的地震应变释放与西影井水位异常均存在较为一致的变化趋势。为进一步研究西安市地热水活动的季节性特征与区域地震活动相关性的差异,分别对西影井 1992- 2006 年 1- 2 季度和 3- 4 季度水位异常曲线与上述三个区域的地震应变释放曲线进行了相关分析,结果如下(表 1)。

表 1 西影井水位异常与区域地震活动的相关分析

时间	西安及邻区	关中东部地区	关中地区
1- 2 季度	0.98	0.94	0.96
3- 4 季度	0.98	0.93	0.95

相关分析的结果表明, 西影井水位异常与西安及邻区的地震活动最为密切, 与关中东部地区和关中地区的地震活动也有较明显的相关性, 基本不受季节性用水的影响。究其原因, 由于西影井水位所观测的是 1 520 m 以下深层热水含水层的孔隙压力, 观测层位是具有—定封闭条件的承压系统, 并能通过压力传递等方式灵敏地反映地壳中的应力应变状态, 其动态反映了地壳中的应力应变状态, 使岩体中微小应力应变都能反映到孔隙压力的改变上, 因此它的动态是构造活动的深部反映。西影热水井水位变化与关中地区、关中东部地区和西安及邻区的地震活动均相关, 反映出它们受同一构造力源的控制, 而西影热水井水位变化与西安及邻区的地震活动最为密切的内在原因, 可能在于它们都处于长安—临潼活动断裂的控制范围内。而季节性用水对区域构造应力场的影响很小, 因而不影响西安市地下热水活动与区域地震活动的相关性。

## 4 讨论

由上述分析可知, 西安地区地下热水活动与西安及邻区的地震活动最为密切, 与关中东部地区和关中地区的地震活动也有较明显的相关性, 基本不受季节性用水的影响, 反映出它们受同一力源构造的控制; 西安地区地下热水活动与西安及邻区的地震活动最为密切的原因, 可能在于它们都处于长安—临潼活动断裂的影响范围内, 都与区域构造活动相关, 其活动水平取决于对构造活动的响应程度; 研究结果也表明, 与构造活动相关的区域应力场变化引起地下水系统的变形和岩石孔隙水压力的变化, 可能导致了地下热水活动的异常。

### 参考文献:

[1] Asteriadis G, Livieratos E. Pre-Seismic Responses of

the Underground Water Level and Temperature concerning a 4.8 Magnitude Earthquake in Greece on 20 October 1988[J]. *Tectonophysics*, 1989, 170: 165-169.

- [2] Contadakis M E, Asteriadis G. Hydrologic changes as possible earthquake precursors in Greece[J]. *Natural Hazard*, 2001, 23: 29-47.
- [3] Hayder J, Al-Shukri, Brian J M. Reduced seismic velocities in the source zone of New Madrid earthquakes[J]. *Bull. Seism. Soc. Am*, 1998, 78(4): 1491-1509.
- [4] Xu Huilong, Yasue Oki, Toshikata Ito. The 1995 Northern Nügata Earthquake with special attention to a geopressed hydrothermal system [J]. *The Island Arc*, 1998, 7: 647-659.
- [5] King C Y, Azuma S, Igarashi G, et al. Earthquake-related Water Level Changes at 16 closely clustered Wells in Tono, Central Japan[J]. *J Geophys Res.*, 1999, 104: 13073-13082.
- [6] Oki Y, Hiraga S. Groundwater monitoring for earthquake by an amateur network in Japan[J]. *Pageoph*, 1988, 126: 211-240.
- [7] 宋贯一, 易立新, 宋晓冰. 地下热水对断裂活动与地震活动的影响研究[J]. *地震学报*, 2000, 22(6): 632-636.
- [8] 张淑亮, 李冬梅, 马朝辉. 山西地震带热流体对强震活动的影响[J]. *地震*, 2002, 22(1): 84-90.
- [9] 刘快胜, 张家明, 米秋霞. 西安地裂缝近期活动与热水井水位关系研究[J]. *华北地震科学*, 1996, 14(2): 67-73.
- [10] 吴富春, 宋立胜, 朱兴国, 等. 西安地区的地热水开采与诱发地震关系的研究[J]. *地震学报*, 2001, 23(4): 407-412.
- [11] 王卫东, 彭建兵, 张永志, 等. 西安市地热水开采现状及其环境问题[J]. *水土保持研究*, 2005, 12(5): 266-267.
- [12] 王卫东, 林晨, 张永志, 等. 区域地震活动与西安市地下热水活动相关性的研究[J]. *地震*, 2009, 29(2): 118-122.
- [13] 姜规模, 韩凤霞. 西安城市地下水动态研究[J]. *城市勘测*, 2007(2): 124-127.