

# 西安市地热水开采现状及其环境问题

王卫东, 彭建兵, 张永志, 刘国华, 邵广周

(长安大学地质工程与测绘工程学院, 西安 710054)

**摘要:** 通过对西安地区地热井水位、地面沉降和地裂缝活动、地震活动等资料的分析得到: 西安市区地面沉降和地裂缝活动与地下热水开采有一定的联系; 西安地区地下热水的开采与西安及邻区的地震活动明显相关, 造成西安及邻区的地震活动性显著增强, 在空间分布上表现为地震由西安城郊向邻近地区的转移。

**关键词:** 地热水开采; 地面沉降; 地裂缝; 地震活动性

中图分类号: P641.8

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)05-0266-02

## Present Situation of Geothermal Water Exploitation in Xi'an City and Its Environmental Problems

WANG Wei-dong, PENG Jian-bing, ZHANG Yong-zhi, LIU Guo-hua, SHAO Guang-zhou  
(School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Based on the data analyses of the water level of hot water well, the ground subsidence and the activity of ground fissures in Xi'an area, and seismic activity in Xi'an and its neighboring area, the results show that the ground subsidence and the activity of ground fissures have some relationship with the geothermal water exploitation; the geothermal water exploitation in Xi'an is obviously related to the seismic activity in Xi'an and its neighboring area, and it intensifies the seismic activity in Xi'an and its neighboring area, the distribution of earthquake epicenters migrates from the city of Xi'an to its adjacent areas.

**Key words:** geothermal water exploitation; ground subsidence; ground fissure; seismic activity

### 1 西安地区地热开采现状

西安地区位于渭河盆地东部, 新生界沉积厚度为 7 000 m, 构成了良好的地热地质条件。热流体为单相热水, 水温一般在 40~85℃, 为中低温热水型地热区, 受区域构造控制, 是以传导方式为主的地热系统<sup>[1]</sup>。该区具有良好的地温场背景, 大地热流平均值为  $7.88 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$ , 高于全球 ( $6.11 \times 10^{-2} \text{ W/m}^2$ ) 大地热流平均值。在 1 000 m 深处地温一般为 52℃ 左右, 2 000 m 深处一般在 83℃ 左右, 地温梯度一般为 0.03~0.035℃/m, 埋深超过 2 000 m 时, 地温梯度明显增高, 达 0.035~0.05℃/m, 最高可达 0.086℃/m。据预测<sup>[2]</sup>, 在西安及其周围 1 300 km<sup>2</sup> 范围内, 埋深在 1 000~3 000 m 间的可采热能资源达  $1.737 \times 10^{19} \text{ J}$ , 相当于  $5.928 \times 10^8 \text{ t}$  标准煤, 可采热水达  $9.23 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

西安地区的地热勘探始于 1973 年, 深 2 000 m 的 03 号井(西影井)是西安地区的第一眼热水井, 该井有自 1974 年以来完整的水位自动记录。到 1989 年, 西安地区千米以上的深井有 3 眼, 但均未开采。1993 年有井 10 眼, 至 2000 年 12 月, 已有热水深井 120 眼, 年开采热水已超过  $500 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。目前, 仍以每年 5~10 眼的速度增加。从图 1 可见, 1990 年以前, 西影井水位基本上在接近地表的位置波动着。在此之后, 水位波动地下降。可以看出, 西安地区的热水井开发始于

1990 年, 1994 年以后开采的速度明显加快了。

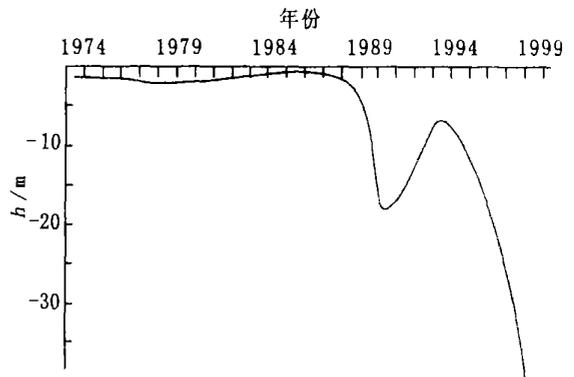


图 1 西影井水位年均值曲线

西安地区的热水井分布在西安城郊区、咸阳市区、长安区和临潼区。其中, 以西安城郊区最多。城郊区热水开采量已超过  $300 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 占全地区采水量的 60% 左右。热水井的深度多在 1 200~4 000 m, 开采 800~1 500 m (第二热储层)、1 250~2 500 m (第三热储层) 和 1 900~2 850 m (第四热储层) 等三个层位的热水, 特别是水量丰富、水温较高的第三热储层中的热水。最深的井在西安城区, 开采深度在 3 000~4 000 m。热水井的水温多在 52~113℃。不同热储层中取水

<sup>1</sup> 收稿日期: 2004-12-12

基金项目: 国家 863 计划课题(2002AA615050); 中国地质调查局项目(1212010440410)

作者简介: 王卫东(1967-), 男, 陕西宝鸡人, 副教授, 博士, 主要从事地球物理和水文地质与工程地质研究。

的井位年下降速率不同。第四热储层中的井位下降速率最大, 可达 46.53 m/a, 第三热储层一般在 16.64~27.14 m/a, 第二热储层一般在 3.74~13.58 m/a, 即越往深处取水的井位下降速率越快。

## 2 地热水开采与地面沉降、地裂缝和地震活动的关系分析

一般资料认为, 单井开采地热水, 不会对地面沉降、地裂缝产生直接影响; 但有的学者认为, 从任何热储层中进行长期开采几乎都可能导致可以检知的地面沉降和地面变形<sup>[1]</sup>。西安地区各开采单位虽然多数以单井形式开采地热水, 但在整个城郊范围, 尤其是南郊, 已形成一定的开采井网密度, 且大多数处在同一开采层段, 井间具有一定的连通性。长期过量开采, 很可能导致深部岩层压力下降, 原先饱和状态下对上部或上覆岩层的顶托作用(力)减弱, 使地层压缩、致密而造成或加剧地面沉降。到 2000 年底, 多年的地热开采, 已使西安地区形成以四医大、测绘学院和西光厂为中心的水位降落漏斗, 最大水位下降幅度达 94.56 m; 而这些地区也是西安市地面沉降幅度大、地裂缝活动显著的地区<sup>[2]</sup>。新西兰的 Wairakei 热田, 我国的上海、天津等地就曾出现由于大量开采地下水, 引起地面沉降和地裂缝活动, 造成环境破坏<sup>[4]</sup>。

我们利用陕西省地震台网记录的地震资料, 取西安及其邻近地区(33.8°~34.7°N, 108.5°~109.5°E)研究了 1976 年以来该区域的地震活动性。图 2 为研究区的地震频次图。由图可见, 1990 年之后, 每年的地震次数比 1990 年之前明显增多, 1990 年之后的地震年平均频次大约是 1990 年之前的 2 倍, 而全省(或渭河盆地)的地震活动性在上述两个时段并没有明显的变化, 但西安地下热水的开采恰好开始于 1990 年, 表现出地震活动与地下水开采的一致性, 说明西安地

区的地热水开采引起了西安附近地区地震活动性的增强。

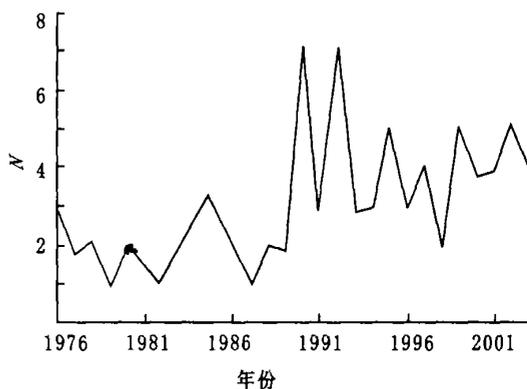


图 2 研究区地震频次图

根据构造物理实验研究, 在地下热水的作用下, 沿断层面的岩石产生泥化、水化和溶蚀作用, 将使岩石的抗压强度和断层摩擦力显著降低; 深部流体的孔隙压力较大, 还可使断面上的有效正压力降低。地下应力将向无流体活动的周围地区集中<sup>[5,6]</sup>, 因而地震的空间分布将由地下水开采区沿断裂向无流体活动的地区转移。西安城郊在 1976~1989 年间发生过草滩 3.5 级等 10 余次地震, 但在 1990 年后再无地震发生, 而周围临潼和周至、户县等地的地震活动则明显增强, 与上述理论相符合。

## 3 讨论

通过上述分析可知, 西安市区地面沉降和地裂缝活动与 10 余年来西安市地下水热水开采有一定的联系; 西安地区地下热水的开采与西安及邻区的地震活动明显相关, 造成西安及邻区的地震活动性显著增强, 在空间分布上表现为地震由西安城郊向邻近地区的转移。

参考文献:

- [1] 惠泱河. 西安市的水资源问题[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1998, 28(4): 335-338.
- [2] 吴富春, 宋立胜, 王锋, 等. 西安市地热水开采的现状分析[J]. 水文地质工程地质, 2002, (1): 72-74.
- [3] Rybach L, Muffler L J P. 地热系统——原理和典型地热系统分析[M]. 北京大学地质系地热研究室译. 北京: 地质出版社, 1986. 156-157.
- [4] 申建梅, 陈宗宇, 张吉彬. 地热开发利用过程中的环境效应及环境保护[J]. 地球学报, 1998, 19(4): 402-408.
- [5] 宋贯一, 易立新, 宋晓冰. 地下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.
- [6] 施行觉, Wang C Y. 水的扩散与断层的黏滑[J]. 中国地震, 1986, 2(3): 14-21.

(上接第 265 页)

- [9] 李振新. 岷江上游三种典型生态系统土壤保持的生态学机制研究[D]. 北京: 中国科学院生态环境研究中心, 2004.
- [10] 蔡崇法, 丁树文, 史志华, 等. 应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持学报, 2000, 2(14): 19-24.
- [11] 李建牢, 刘世德. 罗玉沟流域坡面土壤侵蚀量的测算[A]. 黄土丘陵沟壑第三副区水土流失原型观测及规律研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2004. 28-31.
- [12] 杨子生. 滇东北山区坡耕地土壤可蚀性因子[J]. 山地学报, 1999, 17(增刊): 10-15.
- [13] 赵善伦, 尹民, 张伟. GIS 支持下的山东省土壤侵蚀空间特征分析[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 694-699.
- [14] 谢影, 张金池. 黄河、长江流域水土流失现状及森林植被保护对策[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(6): 88-92.
- [15] 陈松林. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系研究[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2000, 16(1): 106-109.
- [16] 美国土壤保持协会. 土壤侵蚀预报与控制[M]. 北京: 农业出版社, 1981. 15-42.
- [17] M J 柯克比, RPC 摩根. 土壤侵蚀[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987. 28-55.