

西安市地热水开采的环境问题及对策研究

王卫东,彭建兵,张永志

(长安大学地质工程与测绘工程学院,西安 710054)

摘 要:1989 年以来西安地区大量开采地下热水,采水量逐年增多,井水位也逐年降低。地热水的开采已引起了一些自然和工程地质环境问题,主要是环境污染,地面沉降和地裂缝活动的加剧,以及地震活动性的加剧。建议加强地下热水的动态监测和研究工作,合理开采,充分利用;采用热水回灌方法解决环境污染,减缓地面沉降、地面裂缝活动;研究热水回灌方法对西安及邻区地震活动性的影响。

关键词:地热水开采;地面沉降;地裂缝;地震活动性;环境污染

中图分类号:X171.1;P641

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0084-02

Environmental Impact of Geothermal Water  
Exploitation in Xi 'an City and Countermeasures

WANG Wei-dong ,PEN G Jian-bing ,ZHANG Yong-zhi

(School of Geological Engineering and Surveying Engineering ,Chang'an University ,Xi'an 710054, China)

Abstract :A large quantity of geothermal water has been exploited since 1989 in Xi 'an city , and the quantity of geothermal water exploitation has been increasing year by year. The well water level has been dropping year after year. The exploiting of geothermal has caused several natural and engineering geological environment problems. The main problems are environmental pollution , the intensifying of ground subsidence and ground fissures ,and the intensifying of seismic activity. Finally , some suggestions are proposed for solving these problems in Xi 'an city ,including strengthening of dynamic monitoring and researching of geothermal water , reasonable mining and full use of geothermal water ,and injecting geothermal tail water back into underground , which can completely solve the problem of environmental pollution , and also reduce the ground subsidence and the activity of ground fissures. And the influence of doing so to the seismic activity in Xi 'an and its adjacent areas should be monitored and studied further.

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

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 ×10<sup>-2</sup> w/m<sup>2</sup>,高于全球(6.11 ×10<sup>-2</sup> w/m<sup>2</sup>)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。据陕西省地质矿产厅预测,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 ×1 019 J,相当于 5.928 ×10<sup>8</sup> t 标准煤,可采热水达 9.23 ×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。

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 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。目前,仍以每年 5~10 眼的速度增加(表 1)。西影井水

位变化图<sup>[2]</sup>也反映出,西安地区的热水井开发始于 1989 年,1994 年以后开采的速度明显加快了。

表 1 西安地区地热井数统计表

年份	1973	1989	1993	1994	1995	1996	1998	2000
井数	1	3	10	18	30	39	90	120

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 ×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,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,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 ℃。不同热储层中取水的井位年下降速率、下降幅度不同(表 2)。从表 2 可知,目前西安市地下水水头总体呈持续下降趋势,第三和第四热储层的水头下降过大,一般超过 70 m,各井平均年降速也过大,均超过 15 m,除 XR36 井在 1999 年后调低开采量,其后下降趋势减小外,其余各井的水位下降速率逐年增大,水头下降值第四层段最大,其次是第三层段,而以第二层段最小。

\* 收稿日期:2006-05-10

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40534021);国土资源大调查项目(200416000001)

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

表 2 多年年平均水头变化

热储层段	地热井号	年 平 均 水 头 埋 深						下降值	年均降速
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	/ m	/ ( m · a <sup>-1</sup> )
2	XR16	16.84	22.00	18.44	20.84	24.62	36.85	20.01	4
	XR17			6.42	10.12	13.49	13.67	7.25	2.42
3	XR21		9.56	20.48	38.79	78.77	117.35	107.79	26.95
	XR14	+9.62	+3.76		46.34	67.51	95.86	105.48	21.1
	XR31		5.67	15.94	29.83	51.42	73.44	68.66	17.17
	XR32		31.12	51.42	80.64	93.74	110.14	79.02	19.76
	XR23	17.38	47.54	75.73	78.84	88.56	107.35	90.24	18.00
	XR18	23.76	33.17	48.36	65.91	74.68	107.43	83.67	16.74
4	XR36		+10.30	39.08	101.93	124.71	137.98	148.28	37.07

据不完全统计,截至目前地热水利用主要集中于洗浴及采暖,其次用于疗养、游泳、养殖、种植以及精密仪器加工等。

2 地热水开采的环境影响

目前,西安地区地热水开采存在局部地区过量开采、地下热水补给不足及相关的工程地质问题。在井点分布及热水开采层段方面,西安市区约 70 口地热井大部分集中分布于南郊和东郊地区,井深多在 1 600~2 000 m,2 300~3 200 m 两个层段,井点密集成片分布,相近井点开采层段多为同层组取水。另外,还存在分层止水不严格、过量开采等现象,因而导致地下水位下降明显。西安地区 1994 年正式建立地下热水动态监测网,监测点大多为生产用井,监测项目包括水头、水温、水量及水质,因监测井点不同开采程度和监测设备安装和管理的影响,动态资料的准确性、连续性和完善性受到一定的影响。但总的动态观测资料分析显示,到 2000 年底,多年的地热开采,西安地热田开采流场中已形成以四医大、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<sup>[3]</sup>;而这些地区也是西安市地面沉降幅度大和地裂缝活动显著的地区。

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>[4]</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,很可能会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,而地面的不均匀沉降将直接导致地裂缝的发生<sup>[5]</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热水,引起地面沉降和地裂缝活动,造成环境破坏<sup>[6]</sup>。

我们利用陕西省地震台网记录的地震资料,研究了西安及其邻近地区 1976 年以来该区域的地震活动性<sup>[2]</sup>,结果表明: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 1989 年,表现出地震活动与地下热水开采的一致性,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。在河北省怀来后郝窑地热田也有类似的现象发生<sup>[7]</sup>。

地热水开采还对环境产生影响。西安地区地热水中的 H<sub>2</sub>S、CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 以及放射性元素氡(Rn)等含量虽然不大,且多数热水井用于室内洗浴、封闭采暖供热,因而极少造成空气污染或放射性污染。但是,在处理地热尾水时,由于直接将其排入下水道进入城郊排水管网系统,后同工业用水一起大部分排入渭河。这些地热尾水一般水温多在 40~50℃,而高于 40℃ 的地热尾水排入下水道,会造成细菌等各种微生物大量繁殖,在排入河流及其他水体后将造成地表水体污染。西安地区地热水中氟、偏硼酸、矿化度、总硬度等含量较高,均超过饮用水、灌溉水水质标准,盐类含量偏高,且深井热水中砷(As)等有害成分亦较高。当含有这些成分较高的废水被排放到地表水体中时,就会造成一定的污染,甚至会渗入地下水体,直接或间接地对地下水资源造成污染。地热尾水中的大量盐类排入农田也会造成严重的土壤板结和盐碱化。

3 对策研究

首先应加强动态监测及研究工作。通过对热水井的动态监测,了解热水开采过程中热水水位、开采量等与地面沉降和地裂缝活动的定量关系,为制定合理的开采制度提供科学的依据。在进行地热开发时,应谨慎选择井位,避开地裂缝带,尽量减少同一层位井群成片开采,在规划中按温度分级、综合利用。

根据西安地区具体条件,可进行热水回灌方法试验。这种方法可以彻底解决由于把含盐、含氟量高的地下热水排放到地表而造成环境污染的问题,同时又可对地下热储给以补充,从而起到保护资源的作用;这种方法还可保持地下介质水量的补充,孔隙压力不减,有效地缓解因释水压密引起的地面沉降及地裂缝活动的问题。冰岛、新西兰和法国等已采用这种方法,在地热水开采时,同时开凿两口井,一井注入冷水,另一井抽取热水。地下水回灌对西安附近地区地震活动性的影响,也需同时进行研究。

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] 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.  
[3] 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,2002,29(1):72-74.  
[4] 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.  
[5] 易学发,苏刚,王卫东,等. 西安地裂缝带的基本特征与形成机制[J]. 地震地质,1997,19(4):289-295.  
[6] 申建梅,陈宗宇,张古彬. 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.  
[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.