

环境地质

## 鲁西北平原区地热资源开发对地下水环境的影响

王浩,赵季初

(山东省鲁北地质工程勘察院,山东德州 253015)

**摘要:**地热资源是集热、水、矿为一体的新型能源,具有污染小、易开发、投资小和环保的特点。在鲁西北平原区地热井多集中分布在城区内,且同一地区地热井的取水区段基本一致,开发利用方式单一,没有较为完善的回灌措施,且尾水处理工艺简陋甚至直接排放,造成了地热资源开采区及排放流经区域水土污染,该文在对区内地热资源开发利用现状调查的基础上,对开发利用过程中可能引起的浅层及深层地下水污染情况进行了分析,并提出了一些防治措施与建议。

**关键词:**地热尾水;地下水环境;鲁西北平原

**中图分类号:**P314 **文献标识码:**B

**引文格式:**王浩,赵季初.鲁西北平原区地热资源开发对地下水环境的影响[J].山东国土资源,2015,31(7):36-39.  
WANG Hao, ZHAO Jichu. Effect of Geothermal Resources Exploitation to Groundwater Environment in North-western Plain in Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(7): 36-39.

## 0 引言

鲁西北平原区地热资源的开发最早缘于20世纪70年代胜利油田的石油钻探,在石油勘探中,最先在东营地区打出了十几口水温大于 $50^{\circ}\text{C}$ 的地热井,其中五号桩的桩12地热井,井口水温达 $98^{\circ}\text{C}$ ,居全省之冠;同时在聊城市军王屯及宁津县的西吉扬也打出了水温大于 $50^{\circ}\text{C}$ 的地热井。山东省地质矿产勘查开发局在鲁西北进行了广泛的地热资源普查和地热井钻探工作,地热井迅速增加,地热水开采量急剧增长,目前,区内共建有地热井180余眼,地热水开采量 $2\,989.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ,占全省总开采量的80%以上,主要用于供暖,其次是洗浴与疗养。

地热资源开发对地下水环境产生了一定的影响,主要表现在2个方面:一是地热尾水排放后对沟渠两侧浅层地下水的污染,二是地热井钻探与使用过程中可能对热储的上伏含水层造成串层污染。前者与浅层地下水水位、沟渠的防渗性能等有关;后者隐蔽性高,主要与钻探工艺、成井质量有关<sup>[1]</sup>。

## 1 地热尾水排放分析

### 1.1 地热尾水排放对地下水环境的影响

地热尾水排放对地下水环境的影响,主要表现在地热尾水对排放沟渠附近地下水质量产生影响,其次是地热尾水汇入地表水后,由于河流的渗流及农业灌溉而对地表水体附近地下水造成污染<sup>[2]</sup>。

### 1.2 地热尾水排放尾水排放现状

目前地热资源的开发主要集中在各城区,地热尾水直接排入城市下水道中,与城市生活废水一道经城市污水处理厂处理后排入城市排污河道。

### 1.3 地热尾水排放影响因素分析

地热水水质分析资料表明,区内地热水质量较好,汞、镉、铬、砷、铅等重金属污染物含量极微,不含挥发性酚与氰化物,COD、氨氮、硝酸盐与亚硝酸盐含量低,不含大肠菌群,可能对地下水造成负面影响的主要为 $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{F}^-$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$ 等常规离子。地热供暖后,尾水的水化学性质几乎没有发生;洗浴与娱乐利用后,尾水中的悬浮物增加,并含有洗涤剂等污染物,可能对地下水环境造成污染<sup>[3]</sup>。

收稿日期:2014-10-11;修订日期:2014-11-27;编辑:曹丽丽

作者简介:王浩(1980—),男,甘肃武山人,工程师,主要从事工程地质水文地质工作,E-mail:whao016@163.com

## 2 地热尾水排放评价

### 2.1 地热尾水排放对城区地下水的的影响

目前,区内地热井多位于城区,地热尾水直接排入城市下水道中,城市下水道一般为混凝土管道,尾水的排放不会对城区地下水质量造成影响。地热尾水经与城市生活污水混和后,矿化度大大降低,在排入城市的排污河道后,对地下水也基本没有影响。

### 2.2 地热尾水排放对排放流经区地下水的的影响

区内地热水的矿化度由西南向东北逐渐升高,最可能对地下水环境造成影响的地区为东北的孤岛地区,该地区地热水矿化度高达 23 g/L,且由于靠海较近,地热尾水直接排入入海沟渠,为研究地热尾水对浅层地下水质量影响范围和影响程度,在河口区孤店镇选取 2 处地下水监测点,一处是孤热<sub>1</sub>井东南约 150 m 排水渠西侧;另一处为军热<sub>1</sub>井南约 200 m 排水沟渠西侧。每处 3 个孔点,监测孔深 1.5

~3 m,离水渠边距分别为 1 m,2 m,5 m。

水质测试资料表明(表 1、表 2),离沟渠越近,供暖后期比前期地下水中各离子含量增加值越大,随着离排水沟距离的增加,地热尾水对地下水水质影响逐渐减小<sup>[4]</sup>。影响程度强弱与离沟渠距离呈反相关关系。其中 K<sup>+</sup>,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量受距离远近影响较小;而 Na<sup>+</sup>,Cl<sup>-</sup> 和反映离子总量的矿化度受距离远近影响较明显。

孤热 1 井试验地,地下水中 Na<sup>+</sup>,Cl<sup>-</sup> 和矿化度浓度增加倍数由 1 号孔的 1.94,2.18,1.77 倍到 2 号孔的 1.45,1.46,1.36 倍;再到 3 号孔 1.34,1.12,1.22 倍。K<sup>+</sup>,Ca<sup>2+</sup>,Mg<sup>2+</sup> 影响范围一般为 2~5 m;HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量随距离变化不明显;SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量最近孔(孤孔<sub>1</sub>)增加,再远处不明显,推断其影响范围小于 2 m。热弃水中 Cl<sup>-</sup>,Na<sup>+</sup> 和矿化度对地下水水平影响范围大于 5 m,由其趋势(图 1、图 2)推算最大影响范围分别为 7.9 m,25.0 m,14.8 m。

表 1 孤店镇孤热<sub>1</sub> 试验地地下水水质对比(mg/L)

项目	孤 1-1(孤孔 <sub>1</sub> )				孤 1-2(孤孔 <sub>2</sub> )				孤 1-3(孤孔 <sub>3</sub> )				孤热 <sub>1</sub> 井 2006
	2010	2011	增加值	倍数	2010	2011	增加值	倍数	2010	2011	增加值	倍数	
K <sup>+</sup>	3.1	18.2	15.1	5.7	9.9	12.8	2.9	1.29	11.6	7.4	-4.2	0.64	85.00
Na <sup>+</sup>	687.5	1335.0	647.5	1.94	625.0	925.0	300.0	1.48	625.0	837.5	212.5	1.34	6625.00
Ca <sup>2+</sup>	155.3	242.3	87.0	1.56	124.3	138.8	14.5	1.1	85.9	79.7	-6.2	0.93	1766.51
Mg <sup>2+</sup>	119.9	233.6	113.7	1.95	123.7	150.7	27.0	1.22	98.0	88.5	-9.5	0.9	170.80
Cl <sup>-</sup>	1230.4	2682.8	1452.4	2.18	1158.0	1688.8	530.8	1.46	1085.7	1220.8	135.1	1.12	13848.19
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	173.9	318.2	144.3	1.8	138.1	134.0	-4.1	0.97	84.4	88.0	3.6	1.04	191.86
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	591.9	473.5	-118.4	0.80	476.6	557.6	81.0	1.17	498.4	707.1	8.7	1.42	77.88
矿化度	2971.0	5311.8	2340.8	1.79	2668.6	3617.7	949.1	1.36	2500.1	3044.8	544.7	1.22	22889.36

表 2 孤店镇军热<sub>1</sub> 试验地地下水水质对比(mg/L)

项目	军 1-1(军孔 <sub>1</sub> )				军 1-2(军孔 <sub>2</sub> )				军 1-3(军孔 <sub>3</sub> )				军热 <sub>1</sub> 井 2010
	2010	2011	增加值	倍数	2010	2011	增加值	倍数	2010	2011	增加值	倍数	
K <sup>+</sup>	13.11	24.86	11.75	1.90	11.71	12.50	0.79	1.07	8.51	10.83	2.32	1.27	101.82
Na <sup>+</sup>	700.98	1644.55	943.57	2.35	589.76	998.26	408.50	1.69	596.87	804.58	207.71	1.3	6837.35
Ca <sup>2+</sup>	135.65	266.88	131.23	1.97	92.68	128.17	35.49	1.38	88.75	90.16	1.41	1.02	1549.62
Mg <sup>2+</sup>	108.77	152.56	43.79	1.4	90.88	130.74	39.86	1.4	92.75	87.54	-5.02	0.95	157.79
Cl <sup>-</sup>	1426.21	3188.53	1762.32	2.24	1302.70	1919.52	616.82	1.47	1074.62	1215.73	141.11	1.1	13811.32
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	69.75	61.75	-8.0	0.89	77.62	74.85	-2.77	1.47	82.51	84.35	1.84	1.02	36.43
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	459.61	566.25	106.64	1.23	457.72	585.93	128.21	1.28	489.4	575.46	86.06	1.18	95.37
矿化度	2924.89	5915.01	2990.12	2.02	2632.41	3859.79	1227.38	1.47	2444.22	2878.51	434.29	1.18	22667.26

## 3 地热资源开发对地下水串层的污染

串层污染主要发生在基岩裂隙带状热储地热井中,在层状热储中表现不明显。层状热储均下入了

套管,止水效果好,并且随着时间的延长,井管外由于孔壁的自然坍塌与淤积,地热水与深层或浅层地下水的串层污染发生的概率很小。基岩裂隙带状热储在成井时,仅在上部松散层中下入了套管,下部基

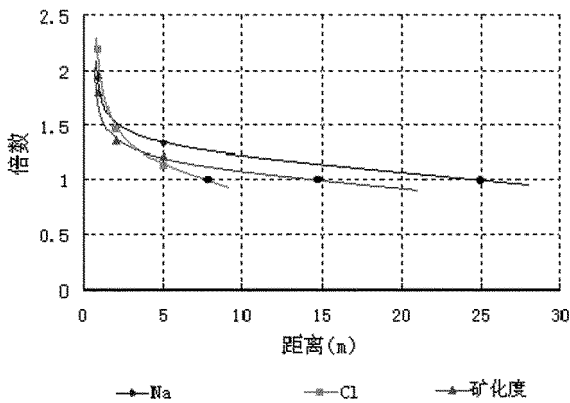


图1 孤热1井尾水排放沟渠 Na,Cl 矿化度影响范围分析图

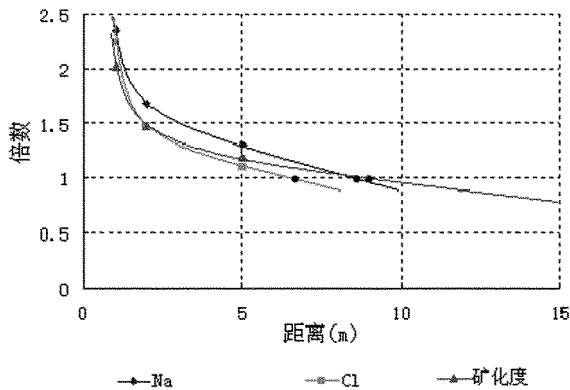


图2 军热1井尾水排放沟渠 Na,Cl 矿化度影响范围分析图

岩一般采用裸眼,这无疑增加了串层污染的风险,如济南市平阴县大孙庄地区,在找铁矿的过程中形成了一眼地热井,由于止水的失败,造成了高矿化度的地热水向上部奥陶纪灰岩含水层排泄,并通过灰岩含水层向浅层含水层顶托排泄,造成了井周围浅层地下水水质变差。后通过在灰岩段下入套管止水,解决了串层污染的问题。据调查,除大孙庄地区外,其他地区没有发现地热水串层污染的问题。

## 4 地热资源开发对地下水环境影响与对策

### 4.1 地下水环境影响预测

区内地表水资源较缺乏,浅层地下水资源开采强度较大,从而导致浅层地下水水位埋深大,地下水与河流的补排关系为河流补给地下水。分布区内的沟渠与河道多为季节性的引水与泄洪河道,在冬季,由于降水量小,河道多干枯,地热尾水直接排入这种干枯的河道,可以直接入渗补给河道附近的地下水,

对地下水的影响较大<sup>[5]</sup>。

### 4.2 对地下水环境影响处理对策

在乡镇或农村开发利用地热资源一定要做好地热尾水的合理排放工作,充分利用农村土地资源较丰富的特点,开展地热尾水的梯级利用工作。区内地热水水质较好,是渔业养殖的优质水源,可以开挖坑塘并做好防渗处理工作,引用供暖尾水进行渔业养殖<sup>[6]</sup>。根据区内气候特征分析,大气降水集中在7—8月,其余月份降水量很小;蒸发量是降水量的2~3倍,且集中分布于冬春两季,采暖季节与蒸发量最大的月份基本重合,因此,在保证渔业连续用水的前提下,可以做到地热尾水的零排放,尾水不够时可以利用雨季进行补水,也可以在雨季替换出部分尾水,保证坑塘水中矿物质浓度符合渔业用水要求。在采用供暖与渔业养殖梯级利用后,地热尾水不会对地下水环境造成影响。区内为层状热储,在做好止水工作的前提下,地热井建设及使用过程中不会对地下水造成串层污染<sup>[7]</sup>。

## 5 结论

(1)目前,区内地热井多位于城区,地热尾水直接排入城市下水道中,城市下水道一般为混凝土管道,尾水的排放不会对城区地下水质量造成影响。地热尾水经与城市生活污水混和后,对地下水也基本没有影响。

(2)区内地热水的矿化度由西南向东北逐渐升高,对地下水环境造成一定影响的地区为东北的孤岛地区。

(3)该区地热水主要赋存于层状热储中,而层状热储在成井中均下入了套管,止水效果好,并且随着时间的延长,井管外由于孔壁的自然坍塌与淤积,地热水与深层或浅层地下水的串层污染发生的概率很小。

(4)在乡镇或农村开发利用地热资源时,如地热尾水直接排入河道,可能引起附近的地下水的污染,应做好梯级利用与尾水处理工作。

## 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王卫东,彭建兵,张永志,等.西安市地热水开采与地震活动的关系研究[J].水土保持研究,2007,14(2):84-85.

- [3] 李莲花, 张建斌. 地热水资源开发引起的环境问题分析[J]. 地下水, 2004, 26(3): 194 - 195.
- [4] 杨明金, 杨明华, 杨帆, 等. 地热水水质及其对环境与农作物及健康的影响研究[J]. 海峡预防医学杂志, 2002, 12(2): 15 - 17.
- [5] 邹叶峰, 陈锁忠. 地下热水开发引起的环境问题分析[J]. 中国给水排水, 2012, (10): 32 - 34.
- [6] 胡彩萍, 潘拥军. 东营市地热资源开发保护与行政保障措施探讨[J]. 山东国土资源, 2012, 28(9): 81 - 83.
- [7] 赵季初. 鲁北砂岩热储地热尾水回灌试验研究[J]. 山东国土资源, 2013, 29(9): 24 - 30.

## Effect of Geothermal Resources Exploitation to Groundwater Environment in Northwestern Plain in Shandong Province

WANG Hao, ZHAO Jichu

(Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China)

**Abstract:** Geothermal resources is a new type energy which collect heat, water and mineral resource as a whole. It has the characteristics of small pollution, easy exploration, small investment and environmental protection. In the plain areas in northwestern Shandong province, geothermal wells are concentrated in urban areas. Water intaking sections of geothermal wells in the same area are basically the same, development and utilization mode is single. There are no perfect recharge countermeasures, and tail water treatment process is simple, and sometimes geothermal water are even directly discharged. It has caused regional soil and water pollution in geothermal resources mining areas and discharging areas. In this paper, on the basis of surveying present condition of development and utilization of geothermal resources in the area, groundwater pollution situation in shallow and deep parts which may be caused in the process of development and utilization have been analyzed, and some prevention countermeasures and suggestions have been put forward as well.

**Key words:** Geothermal tail water; groundwater environment; plain in northwestern Shandong province