

聊城西部地热田地热流体特征及开发利用

卢政峰¹, 张美芝², 马晓东³

(1. 徐州万源地质矿产研究有限公司, 江苏 徐州 221000; 2. 济宁市国土资源局, 山东 济宁 272017; 3. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

摘要:聊城西部地热田位于山东省莘县凹陷的南部区内,属Cl-Na型地下热水。其中锶达到了命名矿水浓度,碘化物、偏硅酸达到了矿水浓度,偏硼酸达到了有医疗价值浓度。地热水中还含有铁、锰、锂等多种对人体有益的微量元素。该区地热井出水量大,出水温度高,具有极大的开发利用前景。

关键词:地热田;特征;开发利用;聊城市西部

中图分类号:TK529

文献标识码:A

1 地热地质特征

山东聊城西部地热田位于莘县凹陷的南部(图1),总面积约1280 km²,地热资源丰富。区内出露地层全为第四系,据钻孔资料揭示,隐伏地层由老至新:新太古代泰山岩群、寒武—奥陶系、石炭—二叠系、侏罗—白垩系、古近系和新近系。与地热资源有关的地层主要为古近系、新近系和第四系。

1.1 盖层

该区地热盖层为第四系和新近纪黄骠群明化镇组,前者主要由粉砂质黏土和黏土质粉砂组成,后者主要由黏土岩、粉砂岩互层构成,热导率低,黏土或黏土岩单层厚度大,一般在2~50 m左右,是良好的隔水层和不透水层,使热能得以保存和储集。视开采层段的不同可单独也可共同构成热储层的盖层。该区第四系和新近纪明化镇组地层的总厚度为750~1100 m。

1.2 热储层

该区常被利用的有东营组及馆陶组2个热储层^[1]。①东营组热储:热储层顶板埋深1100~1600 m,底板埋深1800~2100 m,厚300~600 m,含水层单层厚1.0~15 m,可采层数一般20~35层,累计厚度120~150 m。岩性以粉细砂岩为主。②馆陶组

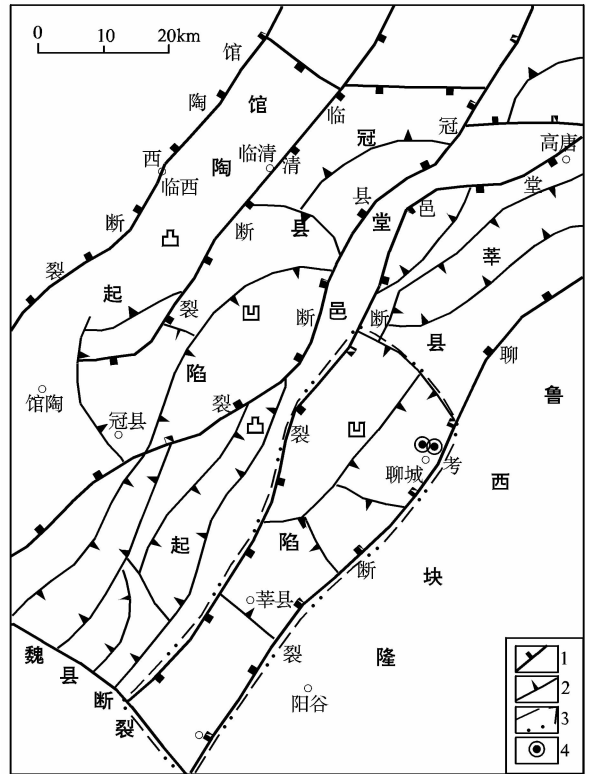


图1 聊城市西部地热田构造纲要图

1—主干断层;2—次级断层;3—地热田边界;4—钻井位置

热储:热储层顶板埋深750~1100 m,底板埋深1000~1600 m,厚250~500 m,含水层单层厚1~20 m,可采层数一般15~25层,累计厚度80~120 m。

* 收稿日期:2008-01-28;修订日期:2008-05-28;编辑:曹丽丽

作者简介:卢政峰(1960-),男,江苏徐州人,工程师,主要从事地质调查与矿产勘查工作。

岩性以粉砂岩、细砂岩为主。其底部有1层厚2~20 m的含砾粗砂岩,含水丰富,在开发东营组热储时常被采用。

2 地热流体特征

2.1 化学成分

该区属Cl-Na型地热水,地热水中的阳离子主要为Na⁺和Ca²⁺,阴离子主要为Cl⁻和SO₄²⁻,热水矿化度为6 566.73~9 125.38 mg/L,属咸水;总碱度为134.34~155.85 mg/L;pH值为7.45~7.73,属中性水;总硬度(以CaCO₃计)为1 047.9~1 189.95 mg/L,属极硬水(表1)。

表1 聊城市东昌府区谷庄地区地热井 ZK₂, ZK₄ 地热水有关成分含量

项目	分析结果(mg/L)				平均值		
	ZK ₂		ZK ₄		mg/L mmol/L		
	1	2	3	4			
阴离子	Cl ⁻	3172.00	2781.82	4128.00	3981.60	3515.86	104.23
	SO ₄ ²⁻	1416.00	1297.34	1432.00	1539.02	1421.09	30.16
	HCO ₃ ⁻	171.50	190.03	164.40	163.80	172.43	2.78
	F ⁻	0.96	0.92	1.28	0.76	0.98	0.05
阳离子	Na ⁺	2230.00	1870.00	2772.00	2778.00	2412.50	110.20
	Ca ²⁺	362.20	326.10	462.30	499.15	412.44	21.72
	K ⁺	20.09	16.94	26.97	28.61	23.15	0.63
	Mg ²⁺	69.35	56.71	88.43	97.08	77.89	6.82
	H ₂ SiO ₃	36.27	32.81	36.60	33.38	34.77	
游离CO ₂	1306.80	4.31	8.71	4.31	331.03		
总碱度	140.62	155.85	134.84	134.34	141.41		
矿化度	7484.20	6566.73	9124.33	9125.38	8075.16		
总硬度	1189.95	1047.90	1539.80	1646.30	1355.99		
pH值	7.58	7.73	7.45	7.39	7.54		

2.2 允许开采量

依据地热井ZK₂, ZK₄抽水试验成果,该区地热井的允许开采量为65.82~67.40 m³/h,井口水温52~54℃,故该区地热水具有温度高,允许开采量大的优势,具有极大的开发利用前景(表2)。

3 地热流体评价

3.1 医疗热矿水评价

依据现行的医疗热矿水水质评价标准,地热水中的锶达到了命名矿水浓度,碘化物、偏硅酸达到了矿水浓度,偏硼酸达到了有医疗价值浓度;地热水中还含有铁、锰、锂等有益微量元素和放射性元素(²²⁶Ra31.3~758.6 mBq/L, ²²²Rn4956~51916.6

mBq/L,总α 173.4~21 484.9 mBq/L,总β 471.3~1 0029.9 mBq/L),具有较高的医疗保健价值。

表2 聊城市东昌府区谷庄地区地热井 ZK₂, ZK₄ 地热水抽水试验成果

地热井		ZK ₂		ZK ₄	
降次		1	2	3	4
静水位埋深(m)		16.68	16.68	19.05	19.05
动水位埋深(m)		76.06	43.04	87.40	56.48
水位降深(m)		59.38	26.36	67.75	36.83
出水量	m ³ /h	127.86	79.30	114.41	90.14
	m ³ /d	3068.64	1903.20	2745.84	2163.36
单位出水量(m ³ /h·m)		2.15	3.01	1.67	2.41
井口出水温度(℃)		53	52	55	54
抽水试验延续时间		27	17	28	22
稳定时间(h)		26	16	24	20
水量跳动误差(%)		0	0	0.06	0
水位跳动误差(%)		0	0	0.09	0.06
允许开采量(按降深20m计算)		出水量为67.40m ³ /h,井口水温52℃		出水量为65.82m ³ /h,井口水温54℃	
试验日期		2006.01.13	2006.01.14	2006.03.18	2006.03.19

3.2 生活饮用水评价

该区地热水色度<5~20;浑浊度<1~8.0;铁含量为0.281~0.767 mg/L;锰含量为0.37~0.476 mg/L;硫酸盐含量为1 297.34~1 539.02 mg/L;氯化物含量为2 781.82~4 128 mg/L;溶解性固体含量为6 566.73~9 125.38 mg/L;依据《生活饮用水卫生标准》(GB5749-85),地热水中的色度、浑浊度、铁、锰、硫酸盐、氯化物、溶解性固体等均超标,故该地热水不能作为生活饮用水源。

3.3 农业灌溉用水与渔业用水评价

该区地热水温度为52~53℃,矿化度为6566.73~9 125.38 mg/L,氯化物含量为2 781.81~4 128 mg/L,依据《农田灌溉水质标准》(GB5084-92)均超标,因此,该井地热水不宜直接作为农业灌溉用水。地热水中铜含量为<0.02~0.05 mg/L,依据《渔业用水水质标准》(GB11607-89)为超标,故地热水不能直接用作渔业用水。

3.4 地热水的腐蚀性评价

3.4.1 地热水对金属的腐蚀性

根据天津大学对地热流体腐蚀性的研究,当地热水中氯离子含量超过25%毫摩尔百分含量时,采用拉申腐蚀指数进行评价。经计算,地热水的拉申腐蚀指数为37.88~53.56,均大于10,所以2井地热水对金属材料具有较强的氧化腐蚀作用,特别是对碳钢及低合金钢等材料的设备和管件的腐蚀性剧

烈,影响正常生产。解决办法是采用 RTF 和环氧煤沥青涂层、金属粉末喷涂、镀锌管等新技术、新方法、新材料(表3)。

表3 地热水拉申腐蚀指数计算评价

地热水腐蚀性评价标准		LI < 0.5		无腐蚀性地热水			
		0.5 ≤ LI < 3.0		轻微腐蚀性地热水			
		3.0 ≤ LI < 10		中度腐蚀性地热水			
		LI ≥ 10		强腐蚀性地热水			
	Cl ⁻ 含量 (mg/L)	以 CaCO ₃ 表示 (mg/L)	SO ₄ ²⁻ 含量 (mg/L)	以 CaCO ₃ 表示 (mg/L)	ALK	LI	评价
ZK ₂	2976.91	4202.17	1356.67	1413.49	148.24	37.88	强腐蚀性
ZK ₄	4054.8	5723.71	1485.51	1546.63	134.59	53.56	地热水

3.4.2 地热水对混凝土的侵蚀性

地热水对混凝土的侵蚀主要是分解性侵蚀和结晶性侵蚀。

(1)分解性侵蚀。分解性侵蚀作用与水的化学成分和水泥类型有关。分解性侵蚀的总指标为 pH_s,即分解性侵蚀指数。当 pH ≥ pH_s 时,水无分解性侵蚀;pH < pH_s 时,水有分解性侵蚀(pH 为水的氢离子浓度实际测定值)。分解性侵蚀又分为酸性侵蚀与碳酸性侵蚀。酸性侵蚀的侵蚀指标为 pH 值,碳酸性侵蚀的侵蚀指标为游离 CO₂。经计算,对各类水泥无分解性侵蚀。

(2)结晶性侵蚀。结晶性侵蚀的侵蚀指标为 SO₄²⁻(mg/L),并与 Cl⁻(mg/L)的含量有关(仅对非抗硫酸盐的各种水泥而言)。经计算,该区地热水对普通水泥的建筑有结晶性侵蚀,而对抗硫酸盐水泥无结晶性侵蚀;对各类水泥无分解性侵蚀。解决办法是在与地热水直接接触的建筑物中使用抗硫酸盐水泥,或使用适用的混凝土添加剂,如具速凝、抗酸、耐碱、抗冻等特性的水玻璃类、硫磺类、树脂类防腐剂等。

3.4.3 地热水的结垢

(1)碳酸钙垢:因为地热水中氯离子含量大于 25% mmol/L,所以用拉申腐蚀指数进行判断适宜。该井地热水的拉申腐蚀指数 LI = (37.88 ~ 53.56) > 0.5,所以 2 井地热水不易形成碳酸钙垢。

(2)硫酸钙垢:地热水硫酸钙生成趋势定性估算,采用 R. S 相对饱和度来判断,当 R. S < 1 时,无硫酸钙垢生成;当 R. S > 1 时,可生成硫酸钙垢。经计算,地热水 R. S = (0.55 ~ 0.65) < 1,故该区地热水不生成硫酸钙垢。

(3)硅酸盐垢:硅酸盐垢也是采用相对饱和度

R. S 来判断。当 R. S > 1 时,可能生成硅酸盐垢。经计算,地热水 R. S = 0.13 < 1,故不能生成硅酸盐垢。另外,在地热水暴气后,地热水中的二价铁遇氧气氧化成棕红色三价铁沉淀,它同时还吸附热水中的锰和铝一起沉淀成垢。故该区地热水水质有利于防垢,可减少由于防垢和除垢而带来的成本增加。但也应做好垢的预防和排除措施,可采用酸洗法,或采用以塑代钢、耐酸碱热塑管等抗结垢管材等。

3.5 地热水排放对环境的影响

该区地热水中 CO₂ 和 H₂S 的含量很小,不会对大气造成污染。依据《污水综合排放标准》(GB8978-1996)衡量,地热水中的有害成分及放射性物质成分(²²⁶Ra 为 31.3 ~ 758.6 mBq/L, ²²²Rn 为 4 956 ~ 51 916.6 mBq/L,总 α 为 173.4 ~ 21 484.9 mBq/L,总 β 为 471.3 ~ 10 029.9 mBq/L)均未超出“最高允许排放浓度”的要求,所以弃水排放不会对大气产生不良影响。

该区地热井可利用开采井口温度达 52 ~ 54℃,通过系统利用后,其弃水温度一般为 15℃ 左右,当其被直接排入地下暗道与其他污水混合后,弃水温度降低,因而其余热可作为回灌水利用。该区地热水埋藏深度及盖层厚度较大,稳固性相对较好,但因所开采热储层的地下水补给能力较差,长期过量开采可能引起地面沉降和水平移动等地质灾害的发生(表4)。

表4 地热水有害成分排放评价

	污染物	最高允许排放浓度 (mg/L)	含量 (mg/L)	
			ZK ₂	ZK ₄
第一类污染物	总汞	0.05	0.0001	<0.0001
	总镉	0.1	<0.005	<0.005
	总铬	1.5	<0.01	<0.010
	总砷	0.5	0.021	<0.010
	总铅	1.0	0.09	<0.010
	总镍	1.0	<0.030	<0.030
第二类污染物一级标准	pH	6 ~ 9	7.66	7.42
	标色度	50	20	<5
	化学需氧量 COD	100	0.12	0.12
	挥发性酚	0.5	<0.002	<0.0015
	氰化物	0.5	<0.002	<0.001
	氟化物	10	0.94	<1.28
	磷酸盐 (以 P 计)	0.5	<0.04	<0.04
	铜	0.5	<0.05	<0.05
	锌	2.0	0.089	<0.05
	锰	2.0	0.329	<0.402

4 地热水的开发应用前景

依据地热水水质特征,该区地热水可广泛应用于地热取暖、洗浴、医疗保健、工业、种植、养殖等行业。该区地热井具有水量大、水温高等特点,可直接对大的公共场所、设施及住宅楼进行低温热水地板辐射采暖。地热水富含有益于人体健康的医疗保健。地热水工业用途广泛,可用于烘干、纺织、印染、造纸、制革等行业。地热水虽不宜直接矿物质或化学元素,且温度较高,可直接用于洗浴与作农业灌溉

用水,但可利用地热水加温土壤,进行温室栽培、科学育种实验等农业种植项目。地热水虽也不宜直接作渔业用水,但可利用其制作全自动的热孵化箱,孵化鸡、鸭、鹌鹑、孔雀等,也可先经过处理后再进行鱼类、珍珠等水产养殖,即用20~30℃的地热水养殖鳊鱼、罗非鱼、鲤鱼、甲鱼、福寿螺、牛蛙、对虾、沼虾、珍珠等。

参考文献:

[1] 沈照理.水文地质学[M].北京:科学出版社,1985,723-803.

Characteristics Exploration and Utilization of Geothermal Field in West of Liaocheng City

LU Zheng-feng¹, ZHANG Mei-zhi², MA Xiao-dong³

(1. Wanyuan Institute of Geological Mineral Resources in Xuzhou, Shandong Xuzhou 221006, China; 2. Jining Bureau of Land and Resources, Shandong Jining 272017, China; 3. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Geothermal field in west of Liaocheng city in Shandong province locates in south region of Shenxian depression. Geothermal field in this area belongs to Cl-Na type. Content of strontium element can reach the named concentration, iodide and metasilicic acid reached a concentration of mineral water, and metaboric acid has reached the concentration of medical value. Iron, manganese, lithium, and other beneficial trace elements and radioactive elements, and some trace elements which are helpful to human body are included in geothermal water. Geothermal wells in this area have the characteristics of large water amount and high temperature. Thus, it has great prospecting in exploration and utilization of geothermal water in this area.

Key words: Geothermal field; characteristics; exploration and utilization; west part of Liaocheng city