

成果与方法

德州市地热资源开发与保护

王彦俊,王贞国,王岩,吉艳梅,徐勇

(山东省鲁北地质工程勘察院,山东 德州 253015)

摘要:德州市地热资源属低温温热型地热资源,地下水主要赋存于新近系和古近系层状砂砾岩孔隙—裂隙中。德州地热自 1997 年开始开发利用,近年来发展很快,地热资源开发与保护已成为德州市地质环境保护研究的重要课题。根据德州市地热地质条件以及地热资源开发利用状况,对地热开发利用地质环境效应进行了分析。在此基础上,提出了地热资源开发利用以资源与环境保护为本,加强地热资源开发管理,优化地热资源开发配置,进行人工回灌试验,建立地热资源监测系统和地热开发、利用、管理科学体系的建议。

关键词:地热资源;热储条件;开发与保护;山东德州

中图分类号: P314.1

文献标识码: A

德州市位于山东省北西部,总面积 10 365 km²、人口 536 万,是山东省地热资源富集区之一。目前已发现和评价地热点 20 余处,这些地热资源主要属于层控热传导中低温温热型地热资源,其分布范围广,储量丰富,易于开采。因此,加强德州市地热资源开发与保护,对于发挥地区资源优势,合理开发热能,改善投资环境和振兴德州市经济具有重要意义。

1 地热资源基本特征

1.1 区域地质概况

德州市在大地构造上属于华北地台()区,它横跨了华北台坳区()的沧县隆起()、临清拗陷()、埕宁隆起()、济阳拗陷()4 个一级构造单元和鲁西台隆()的鲁西隆起()内的 1 个一级构造单元(表 1)。

表 1 鲁北德州地区构造单元划分

级	级	级	级
华北地台	华北台坳	沧县隆起	故城-武城凸起
		埕宁隆起	宁津凸起、庆云-无棣凸起
		临清拗陷	德州凹陷、高唐-堂邑凸起
		济阳拗陷	惠民凹陷
	鲁西台隆	鲁西台隆	聊城-淄博单斜断块

区内隐伏基岩断裂构造发育,活动强度大,断裂发育主要方向为:NNE,NE,近 EW 向,其次为 NE 向。按断裂带规模大小可分为一、二、三级。一级断裂为齐河-广饶断裂,是一级构造单元的分界断裂,对于新生代地层沉积起控制作用;二级断裂有:沧东断裂、边临镇-羊二庄断裂、陵县-老黄河口断裂、临邑-惠民断裂等,是一级构造单元的分界断裂,对隆起区和拗陷区的新生代地层起控制作用。

本区是在华北地台基础上发展起来的中生代断陷盆地,以新太古代变质岩系为基底,其上发育着一套地台型中、新元古界和以海相碳酸盐岩为主的下古生界,以及海陆交互的上古生界。中生代以来,受燕山运动影响,本区经历了多次构造运动,对前期构造格局具有不同程度的改造,形成了凹凸相间的构造格局。新生代喜马拉雅运动以继承性构造运动为特点,表现为断块运动和差异性升降运动为主,形成了巨厚的新生代地层。

1.2 热储盖层

第四纪平原组为松散的河湖相及冲洪积相地层,岩性为砂质粘土,粘质砂土,粉土,粘土与粉砂、细砂互层;新近纪明化镇组上段岩性以砂质粘土、砂质泥岩、泥岩和粉砂岩、细砂岩为主,泥岩成岩性较差,砂岩多为松散状。平原组和明化镇组上段总厚

收稿日期:2004-07-30;修订日期:2005-01-12;编辑:张天祯

作者简介:王彦俊(1958-),男,山东平原人,高级工程师,主要从事水工环地质工作。

度可达 600~900 m,导热性能差,阻热大,是良好的天然保温热储盖层。

盖层地温梯度平均值在 3.0~4.5 /100m。地温梯度的水平变化,受构造单元基底起伏和断裂构造的控制。在新生界盖层一定深度范围内,正向构造的地温高,地温梯度大;负向构造的地温低,地温梯度小;西北部的洼陷区,基底埋藏深,地温梯度值低。地温梯度在垂向上的变化,则受深度、地层结构及岩性的控制。一般来说,随着深度的增加,地温逐渐增高。不同岩性的热传导率不同(泥岩的热导率小于砂岩的热导率)对地温也有一定影响,从而反映出地温梯度在垂向上不同地层中的差异性。

1.3 主要热储

德州市热储有上部的新近系和古近系碎屑岩层状孔隙—裂隙热储,以及深部的寒武—奥陶系基岩裂隙溶洞热储。主要热储层有:新近纪馆陶组、古近纪东营组碎屑岩和深部奥陶—寒武系灰岩,其中新近系馆陶组细碎屑岩孔隙—裂隙热储为德州市主要热储层(图 1)。

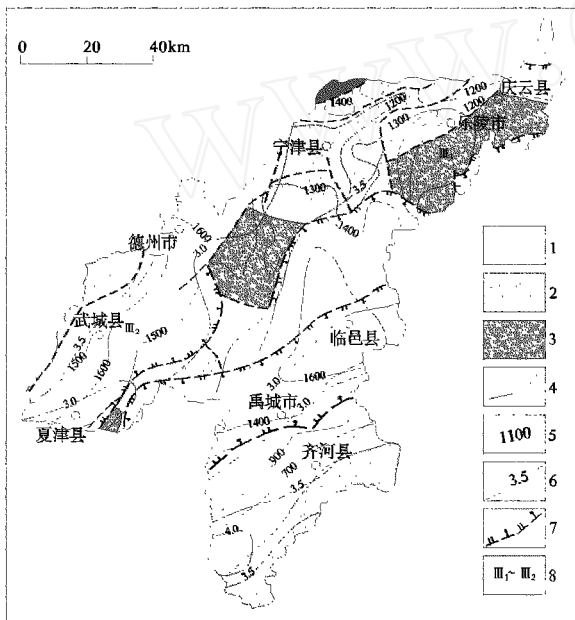


图 1 德州地区地热地质条件图

- 1—碎屑岩孔隙裂隙热储;2—上部碎屑岩孔隙裂隙热储—下部碳酸岩岩溶热储;3—上部碎屑岩孔隙裂隙热储—下部变质岩裂隙热储;4—热储类型分区界限;5—馆陶组基底埋深等值线(m);6—盖层地温梯度等值线(/100m);7—断裂;
- 8—三级构造单元

(1) 馆陶组——孔隙—裂隙热储:层位分布稳定,上部为灰白色、浅灰色细—中砂岩及棕红色、灰绿色泥岩与细砂岩互层夹粉砂岩,下部为灰白色、灰色厚层状块状砾岩、含砾砂岩、砂砾岩、细砂岩夹灰绿色粉砂岩、棕红色泥岩及砂质泥岩,底部普遍发育含石英、燧石的砂砾岩。北部埕宁隆起局部地区和南部山前边缘带有部分缺失。总的分布规律:自南向北底板埋深由浅变深,厚度由薄变厚,颗粒由粗变细;垂向上具有上细下粗的正旋回特征。底板埋深 600~1700 m,地层厚度 300~600 m,热储含水层厚度为 145~280 m。单井出水量为 70~120 m³/h,自流量为 10~40 m³/L,自流水头为 0~18 m。热水总矿化度 3.92~9.79 g/L(表 2),硬度 329.1~1345.6 mg/L,pH 值为 6.97~8.10;水化学类型主要为 Cl⁻-Na 型。井口水温为 45~65 ,属温热水型地热资源。

(2) 东营组——裂隙热储:分布不稳定,厚度 10~500 m,自上而下分 3 段。一段:灰白色含砾砂岩,浅灰色细砂岩夹绿色泥岩,底部为灰绿色厚层块状含砾细砂岩,厚度 149 m;二段:紫红色、灰绿色泥岩与灰白色细砂岩互层,厚度 177 m;三段:浅灰色细砂岩、粉砂岩与灰绿色、紫红色泥岩互层,底部为含砾砂岩,厚度 165 m。此层热储分布在德州、临清凹陷区内,隆起和凸起区缺失。底板埋深为 1200~2000 m,厚度为 0~1000 m。受基底起伏和区域构造的控制,在拗陷、凹陷盆地中心厚度最大,边缘最薄。地层断裂构造较发育,构成了良好的热储通道。热储含水层累计厚度 0~200 m,单井出水量 50~100 m³/h。矿化度 7~20 g/L,水化学类型 Cl⁻-Ca, Cl⁻-Mg,SO₄⁻-Na 型,井口水温 50~70 ,属热水—热水型地热资源。富含对人体有益的多种微量及放射性元素,目前基本未开发利用。

(3) 寒武—奥陶系——碳酸岩岩溶—裂隙热储:主要分布在鲁西隆起、埕宁隆起部分区域。受基底构造控制,顶界面起伏大,埋深 100~1700m。钻孔揭露热储层厚度 30~700 m(未穿)。热储层主要是石灰岩、白云岩类的岩溶—裂隙空隙及岩石古风化壳。单井出水量 50~1000 m³/d,最高可达 3000 m³/d 以上。水化学类型从山前向平原区的 HCO₃⁻-Ca·Na 型逐渐过渡到成分复杂的 HCO₃⁻·SO₄⁻-Ca·Na 和 Cl⁻-Na,Cl⁻-Na 型。随着顶界面埋深增加,矿化度由 1~2g/L,增大到 10 g/L 以上。井口

水温为 60 ~ 100 ,属热水地热资源型。

表 2 德城区馆陶组热储水化学特征

项目	含量(mg/L)	项目	含量(mg/L)	项目	含量(mg/L)	项目	含量(mg/L)	项目	含量(mg/L)
矿化度	4960.80	Mg ²⁺	25.00	HCO ₃ ⁻	215.30	H ₂ SiO ₃	37.20	Sr	6.80
pH 值	7.70	Fe ³⁺	1.80	NO ₂ ⁻	<0.004	Cu ²⁺	<0.05	Se	<0.0003
总硬度	436.10	Fe ²⁺	<0.04	NO ₃ ⁻	1.90	Al ³⁺	<0.02	HBO ₂	6.10
K ⁺	14.90	NH ₄ ⁺	1.20	F ⁻	1.27	Mn ²⁺	0.20	Hg ²⁺	<0.0001
Na ⁺	1625.00	Cl ⁻	2291.50	Br ⁻	2.40	Zn	<0.05	Cr ⁶⁺	<0.006
Ca ²⁺	133.10	SO ₄ ²⁻	614.00	I ⁻	0.60	Li	0.40	As	<0.01
								Pb	<0.005
								Cd	<0.005
								CN	<0.002
								酚	<0.006

1.4 地热水资源及补给

(1) 热源:地下热水的形成一般与盖层、热储空间、热源及热水补给源等因素有关。区内地热资源总体上属于以热传导为主的大地热流作用机制下形成的以低温热水型为主的地热资源^[1]。在中生代燕山运动时期产生了多级断陷盆地,新生代喜马拉雅运动时期断陷内产生了多级同生断裂,这些同生断裂具有继承和复活原有断裂的特点,并伴有岩浆喷发,对地壳深部热源起了重要的沟通和引导作用。其次,沉积盆地内巨厚的新生代沉积岩的压力会产生重力压缩热。由于上部有巨厚的天然良好保温盖层,将深部热源在一定的空间上储存下来,构成了不同深度的热储层。

(2) 补给:地下热水除地层形成时保留下来的封存水和沉积水外,绝大部分为地层形成后期在漫长的地质时期由远、近山区的侧向径流补给。根据古地形和地理条件分析,地热水的主要补给来源为南部鲁中山区和西部太行山区的大气降水汇集地表径流^[2],经过垂直入渗,在漫长的地质时期内,沿孔隙、裂隙和断裂带经地壳深部循环运移,被围岩加热,并与围岩发生水盐反应,溶解矿物质及微量元素形成地热水。受热的地下水由于密度差异引起自然对流,加上水头差驱动,使地下水缓慢进行循环交替运动,在层状孔隙—裂隙及岩溶—裂隙中储存下来。

馆陶组热水中主要气体成分有 N₂, O₂, CO₂, CH₄, 其中以 N₂ 含量最高,占气体体积百分比的 64% ~ 74%;其次是 O₂,占 10% ~ 11.7%,比值为 6.3 ~ 6.8,略高于大气中的比值,也说明了热水的补给主要来自大气降水。同位素 D 的含量为 -68.21×10^{-3} ~ -80.94×10^{-3} , O¹⁸ 为 -8.51×10^{-3}

~ 9.59×10^{-3} ,对比 D 和 O¹⁸ 的值在克雷洛夫标准降水线(D = 8 O¹⁸ + 10)附近,说明地热水起源于大气水补给。经 C¹⁴ 测定地热水年龄为 1.23×10^4 ~ 1.52×10^4 a,大约在晚更新世末期形成的。

2 地热资源开发利用

1997 年德州市在山东省鲁北地质工程勘察院院内打出第一口地热井,开始利用地下热水作为供暖和洗浴供水水源,取得了良好的供暖效果和经济效益。1997 年以来,凯元温泉度假村、兆日温泉小区、贵都花园等单位先后施工地热井,进行供暖、洗浴和游泳等项目开发,地下热水在德州市得到了广泛的应用。2001 年以后,在德州市市区和开发区施工地热开采井 11 眼,在宁津、乐陵、陵县、临邑、齐河、夏津等地施工地热井 6 眼。到目前为止,德州市总共施工地热井 20 眼,现状开采量达 250×10^4 m³/a(表 3)。取水深度集中在 1 000 ~ 1 600 m,取水层为馆陶组热储砂砾岩。此外,其他地热井尚有:宁津田庄乡西吉杨村地热井,深近 2 000 m,取水层为寒武—奥陶系灰岩;齐河地热井,井深 1 000 m 左右,取水层也为寒武—奥陶系灰岩。

德州市蕴藏着丰富的地热资源。地热资源主要赋存于地下 1 000 ~ 1 600 m 的馆陶组,水温 52 ~ 58 ,水质清澈透明、口感微咸、无异味、无有毒组分,富含有益于人体健康的微量元素,对心脑血管疾病、关节炎和皮肤病等病症有良好的辅助治疗作用。

山东省鲁北地质工程勘察院,山东省德州市城区地热资源勘查报告,1999 年。

山东省鲁北地质工程勘察院,鲁北地区地热资源远景预测报告,2002 年。

地热资源开发利用是水热兼用,适用于供暖、生活洗浴、热水理疗和温池游泳等生活领域,具有广阔的应用前景。德州市是能源相对缺乏的地区,地热

资源的开发,对于缓解能源紧张状况、减少环境污染、促进经济可持续发展具有重要意义。

表 3 德州市地热井特征

序号	位置	井深(m)	温度()	流量 (m ³ /d)	矿化度 (g/L)	开采时 间(a)	开采量 (m ³ /a)	利用现状
1	鲁北地质工程勘察院院内	1479	56.0	2822	4.79	1998	0.46 ×10 ⁶	洗浴、供暖
2	德州市凯元度假村	1499	56.0	1740	4.96	1999	0.41 ×10 ⁶	宾馆、游泳、洗浴、供暖
3	德州市兆日公司	1470	56.0		5.00	2002	0.29 ×10 ⁶	供暖、洗浴
4	德州市贵都花园小区	1460	52.0		4.90	2002	0.23 ×10 ⁶	供暖、洗浴
5	德州市学院小区	1490	54.0		4.90			未利用
6	德州市学院小区	1580	56.0		4.90			未利用
7	德州市十三局基地北区	1520	56.0		4.90	2002	0.29 ×10 ⁶	供暖、洗浴
8	德州市华宇学院	1590	56.0		4.90	2003	0.29 ×10 ⁶	供暖、洗浴
9	德州市向阳起重公司	1500	56.0		4.70	2003	0.23 ×10 ⁶	供暖、洗浴
10	德州市燃料公司	1500	54.0		4.80	2003	0.23 ×10 ⁶	供暖、洗浴
11	德州市阳光花园小区	1490	55.5		4.70			未利用
12	德州市天华锦绣园小区	1650	58.5		4.90			未利用
13	德州市贝莱特工业区	1500	57.0		4.80			未利用
14	齐河县焦斌乡油房赵	643	38.0	1416	1.49			未利用
15	宁津县田庄乡西吉杨村	1976	50.0	720	5.37			洗浴
16	乐陵市希森集团	1450	58.0	1440	5.32	2002	0.21 ×10 ⁶	洗浴、养殖
17	临邑县临盘油田	1280	58.0	3306	5.14	2002		游泳
18	陵县开发区	1360		2400		2003	0.20 ×10 ⁶	洗浴、供暖
19	齐河开发区	1400		1920				未利用
20	夏津华夏房地产开发公司	1500						正在施工

地热水不含有害有毒物质元素,基本符合 GB3838《地面水环境质量标准》中一、二级标准,满足《地热水有害成分最高允许排放浓度》要求。但是,目前德州市地热仅用于供暖和洗浴,废水温度较高。长期如此,必将对废水排放途径和周围水土及生态环境产生水热污染。同时,地热水以静储量为主,径流迟缓,补给途径远,属于消耗型水源,若过量开采,将会引起地热资源枯竭、水头下降;地层孔隙水压力降低,将会进一步固结压密而导致地面沉降,使业已发生的德州市地面沉降雪上加霜。

3 地热开发与保护对策

地热资源是包括煤炭、石油在内的三大能源之一,同时又是继太阳能、风能之后可供人们利用的绿

色能源。具有成本低、易开采、见效快、轻污染的优点。德州市地热开发利用主要集中于德城区,利用单一粗放,热能利用效率低,浪费较为严重,由此将会产生一系列环境负效应。因此,地热资源开发利用应以资源与环境保护为本。

(1) 遵循开发与保护并重方针,加强地热资源开发管理。建立健全地热资源管理机构,出台地热资源管理办法、措施,制定和完善地热开发利用规划方案和探矿权与采矿权的取得与转让制度,使地热开发步入有序开发轨道。

(2) 地热资源开发利用过程中,废弃热水因温度高,水质复杂,易造成地表水、地下水及生态环境的污染,因而在开发利用中要加强地热废水排放管理,防止水热污染环境。

(3) 加强济阳拗陷区及临清拗陷区东营组热储层和隆起区寒武—奥陶系灰岩热储的研究和开发利用。根据不同区域,以馆陶组热储为主、东营组和寒武—奥陶系灰岩热储为辅分层开采,优化地热资源开发配置。

(4) 为充分利用地热资源,防止资源枯竭和地面沉降等环境问题的发生,在地热资源集中开采地段,开展人工回灌试验勘查研究工作,使地热资源长期造福人类,促进社会经济可持续发展。

(5) 加强地热研究,建立地热监测系统。根据监测信息,指导地热资源开发管理。

(6) 以监测为基础,以资源和环境保护为根本,

以经济为杠杆,实行梯田开发、综合利用,建立供暖—洗浴、游泳、温水养殖—冬季种植供暖—回灌、废水排放等完善的地热开发、利用、管理科学体系,最大限度的开发利用地热资源。

参考文献:

- [1] 刘桂仪,孟庆峰. 德州市低温地热资源及开发利用研究[A]. 中国地质学会.“九五”全国地质科技重要成果论文集[C]. 北京:地质出版社,2001,628-632.
- [2] 颜世强,刘桂仪. 德州市地热资源及开发利用[J]. 山东地质,2001,17(2):48-52.

Exploitation and Protection of Geothermal Resource in Dezhou City

WANG Yan - jun , WANG Zhen - guo , WANG Yan , JI Yan - mei , XU Yong
(Lubei Geo - engineering Exploration Institute , Shandong Dezhou 253015 , China)

Abstract : Geothermal resource in Dezhou city belongs to low - temperature type , which mainly occurs in cracks of Neogene and Paleogene sandstone. Geotherm in Dezhou city was explored and utilized in 1997 , which developed very rapidly. Thus , its exploitation and protection have become an important subject in geological environment protection. According to geological condition and present exploitation and utilization condition of geothermal resource in Dezhou city , geological environment efficacy is analysed in this paper. On these basis , some suggestions are put forward as follows: resource and environment should be protected , exploitation and management of geothermal resource should be strengthened , development equipment should be renewed , artificial recharge experiment should be carried out and monitoring system and scientific system of geotherm utilization , exploitation and management should be established , etc.

Key words : Geothermal resource ; reservoir condition ; exploitation and protection ; Dezhou in Shandong province

(上接第 30 页)

Study on Space Information Network

PAN Bao - yu , WEN Xiang - dong
(Shandong Geo - mapping Institute , Shandong Jinan 250011 , China)

Abstract : Network is a new concept which was put forward in 90's in 20 century pointing to some difficulties in scientific field. It combines measuring resource in different locations into resource concentration. Thus , it can provide a high resource ability for measuring , managing and serving. According to statistics , space information can hold 80 % in total information amount. Accompanying with continuous increase of social development and national economy , space information will be needed greatly. Network technology can provide a new way for gaining and conducting space information , which has a wide application future in space information field.

Key words : Network technology ; space information ; resource concentration