

高青县城区地热资源及开发利用

张保健^{1,2}, 高继雷², 鹿波², 胡秩嘉²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:高青县城区位于高青凸起和博兴凹陷的接合部位, 地热地质背景条件有利。地热类型属层状裂隙-孔隙型, 可被利用的热储层主要有2个, 分别为新近纪馆陶组和古近纪东营组裂隙-孔隙型热储。2个热储层水温、水质各具特点, 均具有较好的开发利用价值。

关键词:地热资源; 开发利用; 高青县城区; 山东省

中图分类号: P314.1

文献标识码: A

高青县位于山东省淄博市北部, 地处鲁北平原, 是重要的石油基地和粮棉产区。近年来的地热地质勘查工作及石油勘探资料表明, 高青县城区一带地热地质背景条件有利, 低温地热资源丰富, 具有很好的开发应用前景。

1 地热地质背景^①

高青县城区位于济阳拗陷区(Ⅲ级构造单元)的东营拗陷(Ⅳ级构造单元)的西南部, 距Ⅲ级构造单元鲁中隆起区较近(图1)。

1.1 地层

本区地表被第四系覆盖。据地热地质勘查和钻孔资料揭示, 博兴凹陷以太古宙、古生代、中生代地层为基底, 其上沉积了厚度大于3 000 m的新生代地层; 高青凸起古近纪地层基本缺失, 新生代地层厚度为千米左右。与地热资源有关的地层主要为古近纪东营组和新近纪馆陶组。

古近纪济阳群仅在博兴凹陷有所发育。自下而上为孔店组、沙河街组和东营组。新近纪黄骅群自下而上发育有馆陶组、明化镇组, 馆陶组在高青凸起部分缺失, 明化镇组分布遍及全区。

1.2 构造

中生代燕山运动以来, 济阳拗陷区被 NE, NW

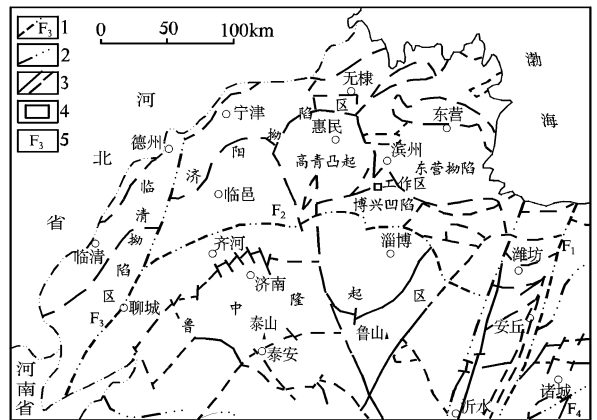


图1 工作区区域地质构造位置简图

1—Ⅱ级构造单元边界; 2—Ⅲ级构造单元边界; 3—Ⅳ级构造单元边界; 4—工作区范围; 5—断裂及编号(F₁: 昌邑-大店断裂, F₂: 齐河-广饶断裂, F₃: 聊城-兰考断裂, F₄: 郝官庄断裂)

及近 EW 向的3组基底断裂切割, 形成次一级凸起和凹陷(图1)。工作区处于2个Ⅴ级构造单元(高青凸起和博兴凹陷)的接合部位, 以高青断裂为界, 以西为高青凸起, 以东为博兴凹陷。这种凸凹相间的构造格局对地温的分布有着重要影响。在新生代地层一定的深度范围内, 凸起区的地温高, 地温梯度大; 凹陷区的地温低, 地温梯度小; 地壳浅部地温分布与基岩面的起伏呈正相关关系。

高青断裂为正断层, 延伸长度约40 km, 倾角50°~60°, 断距大于500 m。该断裂为一条长期继承

* 收稿日期: 2008-09-05; 修订日期: 2008-09-25; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 张保健(1973-), 男, 山东临邑人, 博士研究生, 主要从事水工环地质技术工作。

①山东省第一地质矿产勘查院, 山东省高青县地热资源普查报告, 2001年。

性活动的基底大断裂,自中生代末期开始活动,古近纪活动最为强烈,至新近纪活动减弱直至基本停止。高青断裂控制了高青凸起和博兴凹陷新生代地层的沉积,对本区地热水的形成具有重要作用。该断裂及其两侧次级断裂的长期活动,沟通了热储层与热源的联系,具有一定的导热和导水作用,地下热水及热量在此处容易集中,致使水温增高。

2 地热地质条件

2.1 热储层

高青县城区及周围可被利用的热储层主要有2个,分别为新近纪馆陶组 and 古近纪东营组热储,均属砂岩类裂隙—孔隙型热储,其中以东营组热储发育最好。第四系和新近纪黄骅群明化镇组,由多层粘性土、砂性土、砂层、泥岩及砂岩组成,热导率低,是良好的隔水层和保温层。

(1) 馆陶组热储:热储层顶板埋深-900 m左右,底板埋深-1100~-1200 m,厚度200~300 m。热储含水层厚度5~30 m。岩性以粉砂岩、泥质粉砂岩及含砾砂岩为主。单井涌水量500~1000 m³/d,水温42~52℃,矿化度5 g/L左右。

(2) 东营组热储:仅博兴凹陷有所分布,热储层顶板埋深-1100~-1200 m,底板埋深一般为-1600~-2000 m,厚度为400~800 m。热储含水层单层厚度大于5 m的有20层左右,最大单层厚度18.5 m,累计厚度为200~400 m。岩性以粉砂岩、泥质粉砂岩、粉细砂岩为主。埋藏深度和厚度基本稳定。单井涌水量750~1500 m³/d,水温52~77℃,矿化度7.2~26.7 g/L。

2.2 地温场特征

本区地温场特征主要受地质构造的影响,其次受盖层及岩性变化影响。

2.2.1 地温场的水平方向变化特征

受地质构造和盖层厚度等因素的影响,本区地温场水平方向变化明显。地温梯度的水平分布与基岩起伏呈正相关关系。在高青凸起区,基岩埋藏浅,盖层薄,盖层地温梯度相对较大;而在博兴凹陷区,基岩埋藏深,盖层厚,盖层地温梯度相对较小。如位于高青凸起的GS1孔测量地温梯度为3.62℃/100m,明显高于位于博兴凹陷的GS2孔的地温梯度2.71℃/100m(图2);GS1孔-290 m处地温比GS2

孔相同深度处地温高2.5℃。其实质是在凹凸相间的地质构造格局下,较高热阻的盖层和较高热导率的基岩相配置,地壳浅部岩石热性质不仅在垂向上有较大差异,而且在侧向上也有变化。因为新生代碎屑岩的热导率略小于中生界,约为早古生代石灰岩和太古代花岗片麻岩的2/3,为中、晚元古代白云岩和硅质灰岩的2/5,这就使得来自地球内部的较均一的热流在传导过程中,于地壳浅部进行再分配,局部由负向构造区向正向构造区集中,在基岩隆起区的浅部形成高温和高地温梯度,基岩深埋区的地温特点则正相反^[1]。

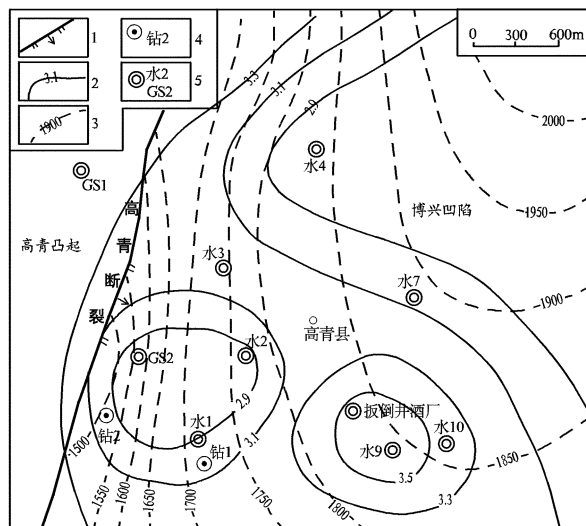


图2 高青县城区地温梯度等值线及东营组热储底板埋深等值线图

1—断裂及产状;2—地温梯度等值线(℃/100m);3—东营组热储底板埋深等值线;4—油田钻孔(收集);5—测温钻孔(水2:井口测温孔,GS2:孔内测温孔)

2.2.2 地温场的垂向变化特征

地温梯度垂向变化主要受岩石热传导率控制。第四纪—新近纪地层结构疏松,热传导率小;古近纪地层结构较第四纪紧密,热传导率大于第四纪地层。根据测温资料,博兴凹陷第四纪地层地温梯度为2.6~3.3℃/100m,明化镇组上部地温梯度为2.8~3.6℃/100m。而据油田部门深孔地温资料,在-980~-1900 m深度内的地温梯度为3.37℃/100m,这与区域上一定深度(约-3800 m)内,地温梯度随深度增加而增加的趋势是大致吻合的。另外,以泥岩为主的井段比以砂岩为主的井段地温梯度高。但由于新生代地层均为较松散沉积岩类,其垂向地温梯度差异不甚明显,差值一般在0.5℃/100m以下。

2.3 热能与地热流体来源

本区地热类型属层状裂隙—孔隙型,热源主要来自地壳深处及上地幔的传导热。

德州、临清^[2]等地的氢氧同位素分析表明,区域地下水除部分源于盆地沉积物形成时保存下来的沉积水和封存水外,绝大部分为沉积物形成后附近山区的侧向径流补给。大气降水在南部山区汇集地表径流,在漫长的地质历史中,沿断裂带或岩层的孔隙向深处运移,被围岩加热。受热的地下水由于密度差异引起自然对流,加之补给区水头差的驱动,因而得以缓慢地进行循环交替运动,将地热在空隙、裂隙中存储下来。因此,本区地下水也主要来源于周边山区的大气降水入渗补给。

3 地热水水质特征及可采资源量

3.1 地热水水质特征

3.1.1 馆陶组热储层地热水特征

根据邻区博兴县馆陶组地热水资料^[3],地热水矿化度为4~6 g/L,属咸水;热水中阳离子以 Na^+ 和 Ca^{2+} 为主,阴离子以 HCO_3^- 和 Cl^- 为主;pH值7.3~7.9,属中性水或弱碱性水;水化学类型属 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}-\text{Na}$ 型水。

3.1.2 东营组热储层地热水特征

地热水矿化度为7.2~26.7 g/L,属咸水或盐水;总硬度为558.0~2 230.7 mg/L,属硬水至极硬水;热水中阳离子以 Na^+ 和 Ca^{2+} 为主,含量分别为2 340.0~9 657.0 mg/L和112.0~539.0 mg/L,阴离子以 Cl^- 和 HCO_3^- 为主,含量分别为4 398.0~16 103.0 mg/L和99.0~2 671.0 mg/L;pH值6.5~7.0,属中性水;水化学类型属 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型水。

地热水中锶、碘、偏硅酸、氟、溴、偏硼酸等有益组分含量较高,具有很好的医疗保健价值。

以上各热储层地热水中 Cl^- 和 SO_4^{2-} 含量较高,对金属有强腐蚀性, SO_4^{2-} 对混凝土也有一定腐蚀性。地热水结垢性弱,不形成碳酸钙垢、硫酸钙垢和硅酸盐垢。

3.2 地热资源可开采量初步估算

3.2.1 地热资源可开采量估算

由于本区最有开采价值的东营组热储在高青凸起完全缺失,馆陶组热储也部分缺失,因此只对高青

县城附近的博兴凹陷区(面积为88 km²)地热资源可开采量进行估算。热储法估算结果,馆陶组热储地热资源量为 1.26×10^{14} kJ,可利用地热资源量为 3.15×10^{13} kJ,折合标准煤 437.4×10^4 t;东营组热储地热资源量为 2.97×10^{15} kJ,可利用地热资源量为 7.44×10^{14} kJ,折合标准煤 $10 330 \times 10^4$ t;2层热储地热资源量共 3.10×10^{15} kJ,可利用地热资源量为 7.75×10^{14} kJ,折合标准煤 $10 770 \times 10^4$ t。

3.2.2 地热水可开采量估算

东营组热储为主要开采目的层位,其地热水可采资源量为 9.81×10^6 m³/a,若分散布井28眼,每井开采量960 m³/d,连续开采100年后开采区中心最大水位埋深为-96.89 m;馆陶组热储地热水可采资源量为 1.05×10^6 m³/a,若分散布井3眼,每井开采量960 m³/d,连续开采100年后开采区中心最大水位埋深为-92.36 m。

4 地热资源开发利用建议

4.1 地热资源勘查

据以往地热资源勘查经验^[4],凹陷区内由于某些断层错断了热储层位,致使含水砂岩层与阻水泥岩层对接,减弱了含水层的整体渗透性能,降低了地热井单井涌水量;而厚层砂岩因受断层错动影响,其岩性往往破碎,增大了地热井单井涌水量。因此,今后的地热资源勘查工作应充分利用地球物理勘查手段,以准确确定断层位置、产状及透水性,合理确定地热井位置。

4.2 地热资源开发

高青县城区一带地热资源十分丰富,尤其是东营组热储厚度大,分布稳定,开发潜力巨大。若合理布局地热井并注意分层开采,可布设地热井30眼左右。但地热资源并非取之不尽,应对其合理开发利用并有效保护。地热资源的开发利用应根据不同层位和不同区段热储水温、水质的条件,分层分区进行开采。

地热水中锶、偏硅酸等有益组分含量较高的地段,其用途应以医疗洗浴和温泉旅游用水为主;而热储埋深较大、温度较高的地段,地热水应优先用于供

① 山东省地矿局第二水文地质工程地质大队,山东省德州市城区地热资源勘查报告,1999年。

暖,同时兼顾医疗洗浴等其他用途。

4.3 地热能合理开发利用

本区地热资源丰富,对其开发应遵循“在保护中开发,在开发中保护”的原则,坚持综合利用、梯级开发,根据不同用途分层开采利用,对不同层位地热井的井距、数量及开采量均应控制在合理的范围内。

4.4 加强地热水动态监测与地质环境保护

在今后的地热资源开发中,应加强地热水的动态监测工作,对因地热开发而可能引起的地热水降落漏斗、地面沉降、热污染和水化学污染等地质环境

问题进行动态监测研究,同时还应加强地热尾水的人工回灌研究工作,以指导本区地热资源的开发,实现地热资源的可持续开发利用,保护地质环境。

参考文献:

- [1] 陈墨香. 华北地热[M]. 北京:科学出版社,1988.
- [2] 杨德平. 山东临清地热田地热地质特征[J]. 山东国土资源, 2005,21(8):27-31.
- [3] 高树菊. 博兴县地热田的开发利用与保护[J]. 山东国土资源, 2006,22(4):46.
- [4] 张保建. 聊城市城区地热资源及开发利用[J]. 山东国土资源, 2007,23(10):15-19.

Exploitation and Utilization of Geothermal Resource in Gaoqing County

ZHANG Bao-jian^{1,2}, GAO Ji-lei², LU Bo², HU ZHI-jia²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Gaoqing county locates in the combining section of Boxing depression and Gaoqing uplift, with favorable geothermal mineralization background. The geotherm belongs to multi-strata fissure-pore type. Geothermal reservoir available can be divided into 2 types, that is Neogene Guantao formation and Paleogene Dongying formation fissure-pore type geothermal reservoir. These two kinds of geothermal reservoir have different characteristics of water quality and temperature with good exploration and utilization value.

Key words: Geothermal resource; exploitation and utilization; Gaoqing county; Shandong province