

地质与矿产

山东省高唐县地热资源评价及开发利用方案探讨

陈振,徐显义,王学民

(山东省物化探勘查院,山东 济南 250013)

摘要:对高唐地区地热资源地质背景、区域水文地质特征、热储地质特征进行综合研究与分析,并对该区馆陶组热储层地热资源量及地热水资源量进行初步估算,为地热资源的合理开发利用提出有效、科学的合理井距及布井数目的。

关键词:地热资源;热储层;热储资源量;开发利用;山东高唐

中图分类号:P314.1

文献标识码:A

地热能作为一种清洁能源和可再生能源,其开发前景十分广阔,受到世界各国的青睐。山东省高唐县具有丰富的地热资源,近年来,地热资源的利用得到越来越多的重视,经济和社会价值越来越明显^[1,2]。为加强地热资源的管理与保护,实现资源的可持续利用,以适应高唐县社会、经济发展与环境建设的需要,依据《高唐县城市总体规划(2003—2020年)》《聊城市矿产资源总体规划(2006—2015)》的要求,结合高唐县地热资源开发利用现状,高唐县国土资源局委托山东省物化探勘查院编制了《山东省高唐县地热资源矿业权设置方案》,对该县地热资源进行评价,并提出开发利用方案。

1 区域地质背景

1.1 区域地质构造

高唐县位于华北板块的东南部,属于华北拗陷区(Ⅱ)临清拗陷区(Ⅲ)之临清拗陷和高唐凸起。古近纪时期,华北板块在强烈的拉张作用下,断裂活动强烈,发生了大规模的不均一断陷活动,形成德州凹陷、高唐凸起、莘县凹陷、老城凸起等一系列Ⅳ级构造单元(图1)。

区内断裂构造十分发育,自南往北断层分布有聊考断裂、堂邑断裂、冠县断裂、临清断裂、馆陶断裂。

1.2 地层概况

高唐县全区被第四系覆盖,邻近钻孔资料揭示,

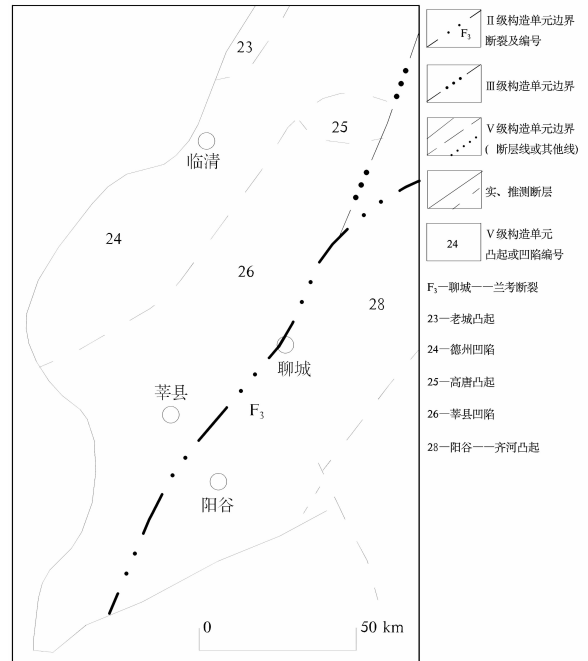


图1 高唐地区地质构造纲要图

地层由老到新有:新太古代泰山岩群、寒武系—奥陶系、石炭系—二叠系、侏罗系—白垩系、古近系、新近系、第四系等。

(1)新太古代泰山岩群:主要为斜长角闪岩、黑云变粒岩类,夹角闪变粒岩、透闪阳起片岩、变质砾岩和石榴石英岩等。

(2)寒武—奥陶系:寒武系主要为灰岩、泥灰岩和页岩。主要见到中、上统的鲕状灰岩和竹叶状灰

* 收稿日期:2011-07-20;修订日期:2012-05-03;编辑:王秀元

作者简介:陈振(1982—),男,山东菏泽人,助理工程师,主要从事水工环方面的研究工作;E-mail:gischenzhen@163.com。

岩,厚 260~283 m。奥陶系主要为灰岩,夹白云岩和少量石膏层,该区井孔所见厚度 128~990 m,仅分布于高唐县三十里铺附近。

(3)石炭—二叠系:主要为砂岩、泥岩,下部夹石灰岩,夹铝土矿及多层煤,最大厚度 675 m,仅在聊考断裂以东小面积分布。

(4)三叠系:紫灰、紫红色、灰色砂岩与泥岩互层,厚度 412~1 133 m。

(5)侏罗—白垩系:泥岩、泥灰岩、页岩、砂岩,局部见中酸性火山岩,最大厚度 2 497.5 m。

(6)古近系:古近系包括孔店组、沙河街组和东营组。孔店组厚度大于 400 m;沙河街组与下伏孔店组接触关系不明,不易区分。厚度 450 m 左右;东营组与下伏沙河街组呈整合接触,厚度 370 m 左右。

(7)新近系:新近系包括明化镇组和馆陶组。①馆陶组:全区广泛分布,与下伏东营组呈不整合接触。层底埋深 1 290~1 296 m,厚度 410~426 m,也是该区主要的热储含水层。②明化镇组与下伏馆陶组呈整合接触,底板埋深 870~880 m,厚度 596~600 m。

(8)第四系:以平原组为主,局部地表可能有黄河组,厚度 274~280 m,与下伏明化镇组呈不整合接触。

2 区域水文地质特征

高唐县属黄河下游冲积平原孔隙水水文地质区,地下水赋存于第四系、新近系和古近系不同组段、不同粒径的含水层(组)中。根据其埋藏条件、水化学特点划分为浅层潜水—微承压水、中层承压水和深层承压水所对应的 3 个含水层(组)。

2.1 浅层地下水含水岩组

层底埋深 60 m 以上,地层为第四系更新统和全新统。包括浅层淡水含水层和浅层咸水含水层,其水力性质为潜水—微承压水。浅层淡水底界面的埋藏深度受地质、地貌以及下部中深层咸水体分布特征的控制,界面起伏较大,一般 10~40 m 不等,局部小于 10 m 或无淡水分布。含水层以粉砂、粉细砂为主,淡水含水层厚度 5~10 m,单井涌水量小于 500 m³/d,矿化度小于 2 g/L,水化学类型为 HCO₃·Cl 型或为 HCO₃·SO₄ 型。浅层地下水以垂向运动为主,接受大气降水补给,蒸发为主要排泄途径,其水

平径流滞缓,水位埋深 1~4 m。区域地下水流向由西南往东北。

2.2 中层地下水含水岩组

中层咸水含水岩(组)底板埋深 180~250 m,地层为第四系上更新统到下更新统,水力性质为承压水。中深层咸水体顶界面埋深差异较大,区内部分地段与浅层咸水相通,构成浅—中层咸水。矿化度一般 2~5 g/L,最大可达 17 g/L。成因多是在干燥的气候条件下,地下水垂直交替强烈,逐渐发生浓缩作用的结果。中层咸水含水岩(组)的地下水,由于其矿化度高,目前还未被开采利用。

2.3 深层地下水含水岩组

深层淡水位于中层咸水体之下,底层埋深大于 900 m,地层为第四系下更新统至新近系上新统。其水力性质为承压水。含水层岩性以粉细砂、中细砂、含砾中粗砂为主,单井涌水量大于 1 000 m³/d。地下水中阴离子以 SO₄²⁻,Cl⁻,HCO₃⁻ 为主,水化学类型以 SO₄·Cl·HCO₃-Na 型为主,矿化度一般为 0.8~1.5 g/L。深层淡水是该区地下水开采的主要目的层,其主要补给来源为开采漏斗外围的周边补给,地下水流向由外围流向漏斗的中心。

3 热储地质特征

3.1 地热资源类型

该区热源主要来自地壳深部的正常热流传导,馆陶组地下热矿水温度约为 55℃,地下热矿水赋存于新近纪和古近纪的碎屑沉积岩中,属层状孔隙—裂隙型热储。

该区地热资源属于热传导型低温热水,可将第四纪松散层和新近纪明化镇组视为热储盖层,总厚度 700 m 左右,岩性由粘土、砂粘土、砂层及半固结粘土岩组成,其特点是密度小、导热性差,是天然良好的保温盖层。

3.2 地温场特征

在常温带下,地温随着深度增加逐渐增高。经对井温资料的综合统计分析,确定该地常温带深度为 20 m,常温带值选用当地年平均气温 12.5℃。经计算该区盖层平均地温梯度在 2.97~3.64℃/100m 之间,大地热流值的变化范围在 (5.23~5.95)×10⁻²J/s·m 之间^[3,4]。

3.3 热储层

从区域地质条件分析,该区热储层主要为明化镇组下段含水层组、馆陶组含水层、东营组含水层组、沙河街组含水层组^[5]。

(1)明化镇组下段热储层组:指明化镇组下部720~870 m含水层组,厚度178 m,含水层厚度79 m,单层厚度最大14 m,岩性以中砂岩为主,单井涌水量大于1 000 m³/d。

(2)馆陶组热储层:馆陶组不整合于东营组之上,顶板埋深872 m,底板埋深1 296 m,厚度426 m,热储含水层厚度146.5 m,占地层总厚度的34%,单层厚度大,最大厚度23 m。其岩性为灰白色细一中砂岩和砂砾岩,垂向上呈上细下粗的正旋回沉积,底砾石明显。热储含水层孔隙度大,一般25%~35%,具有良好的储水空间。单井涌水量1 920 m³/d,井口水温50~58℃。

(3)东营组热储层组:岩性主要以砂岩、含砾砂岩及细砾砂岩为主。东营组地层总厚度为370 m,含水层厚度约50 m,单层厚度小,占地层总厚度的比重小(约14%)。单井涌水量不大于500 m³/d,井口水温55~76℃。

(4)沙河街组热储层组:指古近纪沙河街组热储含水层组。顶板埋深1 450 m,底板埋深1 900 m,厚度450 m。含水层岩性主要为泥质砂岩、中细砂岩、中粗砂岩、含砾砂岩,断裂较发育。

4 地热水化学特征

根据《山东省高唐县城区地热资源普查报告》(2000年),馆陶组热储层组中的地下热矿泉水可溶性总固体为4 636.24 mg/L,属咸水;pH值7.4,属中性水;总碱度131.89 mg/L,总酸度12.15 mg/L,全硬度587.14 mg/L,属硬水;水化学类型为Cl·SO₄-Na型,其中Cl⁻含量为1 044.43 mg/L,SO₄²⁻含量为1 806.97 mg/L,Na⁺含量为1 319.23 mg/L。对照《医疗热矿水水质标准》,地热水所含对人体健康有益的微量元素和组分有:碘、锂、氟、溴、偏硼酸、偏硅酸等,可达到医疗热矿水水质标准。

5 地热资源量

根据热储层的埋深、水力性质及其他地热地质条件,对新近纪馆陶组热储层组的地热资源进行计

算与评价^[6]。

5.1 地热资源总量

高唐县地热田属层控型低温地热田,按《地热资源地质勘查规范》(GB11615-2010)和原地质矿产部《地热资源评价方法》(DZ40-85)的要求,采用热储法进行热能资源计算。

经计算可知,高唐县地热田馆陶组地热资源总量为15.05×10¹⁸J,按2.932×10¹⁰J热量相当于1 t标准煤折算,热能总储量相当于5.13×10⁸t煤。

5.2 可利用地热资源量计算

用热储法计算出的资源量不可能全部被开采出来,只能开采出一部分,二者的比值为回收率。因此,可利用地热资源量计算公式:

$$Q_{wh} = Q_w \times R_e \quad (1)$$

式中:Q_{wh}—可利用地热资源量(J);Q_w—热储层地热资源总量(J);R_e—采收率(%)。

该区馆陶组热储层的孔隙度为28%,根据《地热资源评价方法》(DZ40-85)标准,分析大型沉积盆地的新生代砂岩,当孔隙度大于20%时,热储回收率定为25%。

据公式(1)计算出馆陶组可利用地热资源总量3.76×10¹⁸J,地热能折合1.28×10⁸t标准煤产热能。

5.3 地热水资源量

5.3.1 地热水储量

由公式(2)计算可知:高唐县地热田馆陶组地热水总储量为395.899亿m³。

$$Q_L = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

式中:Q₁和Q₂分别为热储孔隙中热水的容积储量和弹性储量。

5.3.2 地热水可采资源量

依据地热水可开采量所采出的热量,按公式(3)计算地热田的产能。

$$W_i = 4.1868Q(t - t_0) \quad (3)$$

式中:W_i—热功率(kW);Q—地热水可开采量(L/s),按1 920 m³/d换算;t—地热水温度(℃),取55℃;t₀—当地年平均气温(℃),取12.5℃。

经计算得,该区馆陶组地热田的产能W_i=3954.2 kW。

地热水年开采累计可利用的热能量按公式(4)估算。

$$\sum W_i = 86.4DW_i/K \quad (4)$$

式中： $\sum W_i$ —开采一年可利用的热能(MJ)； D —全年开采日数(d)； W_i —公式(3)计算得出的热功率值(kW)； K —热效比(按燃煤锅炉的热效率 0.6 计算)。经计算得，该区馆陶组地热水年开采累计可利用的热能量 $\sum W_i = 2.08 \times 10^8$ MJ。

6 开采方案

6.1 合理井距

依据《地热资源地质勘查规范》(GB11615 - 2010)，对盆地型地热田，可接单井允许开采量开采 100 a、消耗 15% 左右热储量，采用公式(5)估算地热井开采对热储的影响半径(R)，视其为单井开采权益保护半径。

$$R = \sqrt{\frac{36500Qf}{0.15H\pi}} \quad (5)$$

式中： Q —地热井产量(m^3/d)，取 $1920 m^3/d$ ； f —水比热、热储岩石比热的比值，介于 3~5 之间； H —热储层厚度(m)，取 426 m； R —地热井开采 100 a 排出热量对热储的影响半径(m)。经计算得，地热井开采 100 a 排出热量对热储的影响半径 $R = 1279$ m，所以方案设置区内地热井的合理井距 $D = 2558$ m。

6.2 布井数

根据地热井开采 100 a 排出热量对热储的影响半径可以确定单眼地热井所占面积 F ，可求出矿业权设置区可布地热井数 N 。

$$N = \frac{S}{F} = \frac{S}{\pi R^2} = \frac{960 \times 10^6}{3.1416 \times 1279^2} (\text{眼}) \quad (6)$$

Study on Geothermal Resources Evaluation and Development and Utilization in Gaotang County of Shandong Province

CHEN Zhen, XU Xianyi, WANG Xueming

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In this paper, geological background, regional hydro-geological characteristics and characteristics of geothermal reserves in Gaotang county have been studied and analyzed comprehensively, and heat reservoir of Guantao geothermal resources and geothermal water resources have been estimated as well. It will provide scientific rational distance and numbers of wells.

Key words: Geothermal resources; geothermal reservoir; heat storage resources; reasonable well spacing; Gaotang in Shandong province

由公式(6)计算结果知，矿业权设置区馆陶组热储开采 100 a 的条件下，可布地热井 187 眼。

7 结论

高唐地热资源丰富，热源主要来自地壳深部的正常热流传导，属层状孔隙-裂隙型热储。热储盖层为第四纪松散层和新近纪明化镇组上段，主要热储层有明化镇组下段含水层组、馆陶组含水层、东营组含水层组、沙河街组含水层组。

高唐区域馆陶组地热资源总量为 15.05×10^{18} J，地热水总储量为 395.899 亿 m^3 ，地热水年开采累计可利用的热能量为 2.08×10^8 MJ。从合理开发利用地热资源的角度考虑，高唐县可布设探采结合井 187 眼，合理井距为 2558 m。

参考文献:

- [1] 郭晓丽,李庆朝.聊城市地热资源的形成及开发利用[J].中国煤炭地质,2008,20(7):35-37.
- [2] 郭守印.聊城市地热资源管理及开发利用初探[J].研究与教育,2009,(2):17-19.
- [3] 王奎峰.山东省聊城市东部地热田地热资源特征[J].中国地质,2009,36(1):194-201.
- [4] 马晓东,陆荣莉,周长祥,等.山东聊城西部地热田地热地质特征[J].山东国土资源,2007,23(Z1):30-34.
- [5] 徐军祥,康凤新.山东省地热资源[J].中国地质,2000,10(2):41-42.
- [6] 陈红.地热资源评价方法与资源储量分类[J].地热能,2004,(4):16-19.