

## 成果与方法

## 山东临清地热田地热地质特征

杨德平

(山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**山东省临清地热田主体位于冠县凹陷内,面积约 1 550 km<sup>2</sup>。地热类型属层状孔隙型,热源是地球内部的传导热,盖层是第四系和新近纪明化镇组。可利用的热储层有 4 个,最有开发利用价值的是馆陶组下段热储,该热储层顶板埋深约 1 100 m,底板埋深约 1 700 m,热储层厚度 530~580 m,含水层累积厚度 158~175 m,单井涌水量 1 500~2 000 m<sup>3</sup>/d,出口水温 62~67℃,矿化度 5 000 mg/L 左右,具腐蚀性,结垢性弱,具较好的开发利用价值。经计算馆陶组热储层单井 1 a 的可采量为 5.431 × 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>,100 a 可采量所释放的总热量为 1.156 × 10<sup>13</sup> kJ,合理井距为 1500 m。

**关键词:**地热;地质特征;热储层;馆陶组;山东临清

**中图分类号:**P314.1 **文献标识码:**A

临清地热田位于山东省西部,该地热田范围广大,地热成矿地质条件有利,热储层埋深适当,水量大、水温高,具很好的开发应用前景。地热资源在采暖、洗浴、工业、医疗、养殖、农业等领域有广泛的应用,是公认清洁、廉价能源。充分开发利用该地区的地热资源,对发展当地经济、保护环境、保持经济可持续发展,改善人民生活质量具有重要意义。

## 1 区域地质背景

该地热田大致为冠县凹陷的范围,呈 NE 向延伸,以临清断裂为西边界,冠县断裂为东边界,北端与德州凹陷相接,总面积约 1 550 km<sup>2</sup>(图 1)。

### 1.1 地层

本区地表被第四系覆盖,据邻近钻孔资料揭示,地层由老至新有:新太古代变质岩系、寒武系、奥陶系、三叠系、侏罗—白垩系、古近系、新近系和第四系。与地热资源有关的地层主要为古近系、新近系和第四系。

(1) 古近系济阳群:孔店组:主要岩性为砂砾岩、砂岩、泥岩,含石膏,厚约 700 m。沙河街组:主要岩性为泥岩、泥灰岩、油页岩,夹石膏层,底部有

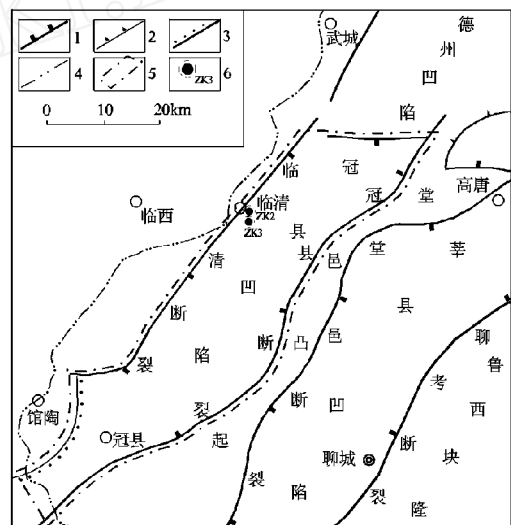


图 1 临清地区构造纲要图

据地质部第二石油普查指挥部石油地质大队,《临清地区石油地质普查初步总结报告》,1981 年)

1—主干断裂;2—次级断层;3—构造单元分区线;4—省界;  
5—地热田边界;6—地热井井位

砂岩、砾岩,厚约 2 100 m。东营组:主要岩性为泥岩与砂岩互层,度约 340 m。

(2) 新近纪黄骅群:馆陶组:主要为泥岩、粉砂

收稿日期:2005-03-01;修订日期:2005-07-14;编辑:张天祯

作者简介:杨德平(1963-),男,山东寿光人,高级工程师,从事地质矿产及地热勘查工作。

山东省地质科学实验研究院,山东省临清市城区颐清园小区地热单井地质报告,2003 年。

岩,底部为灰白色块状砂岩、砂砾岩,厚度430~640 m。明化镇组:主要为粘土岩、粉砂岩、砂砾岩互层。厚度640~980 m。

(3)第四系:平原组:主要为粉砂质粘土、粘土质粉砂及粉细砂,含较多钙质结核,厚度100~270 m。黄河组:主要为粘土、粉砂质粘土、粉砂、细砂,厚约20 m左右。

## 1.2 构造

该地热田主体位于临清北拗陷中的冠县凹陷内,该凹陷面积约1550 km<sup>2</sup>,走向NE。拗陷内中、新生代地层最大残留厚度:新近系+第四系为1800 m,古近系为4000 m,中生界为4000 m,为中、新生代断陷。其西侧为馆陶凸起,东侧为堂邑凸起。

本区对中、新生代沉积特征起控制作用且与地热有密切关系的大型断裂有2条:临清断裂:为正断层,走向NE,倾向SE,长度约72 km,下古生界侵蚀面两侧落差可达2700 m;冠县断裂:为正断层,走向NE,倾向NW,长度约100 km,下古生界侵蚀面落差可达1800 m。

## 2 地热地质条件

### 2.1 热源

该区地热类型属层状孔隙型,热源主要来自地壳深处及上地幔的传导热。根据物探资料该区为莫霍面相对隆起区,可从地球内部向地表传导相对较高的热流量,有利于地下水升温。

### 2.2 盖层

为第四系和新近纪黄骅群明化镇组,主要由粘土和粘土岩、粉砂岩互层构成,热导率低,粘土或粘土岩单层厚度大,一般在4.5 m至20 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,经钻探证实的第四系和新近纪明化镇组总厚度约为1100余米。

### 2.3 热储层

本区的可以被利用的热储层有4个。

(1)明化镇组下段热储:热储层顶板埋深800~850 m,底板埋深1140~1300 m,厚度200~300 m,含水层单层厚度1.6~9.2 m,可采用层数一

般13~15层,累积厚度70~105 m。岩性以粉砂岩、细砂岩为主,呈松散状,分布广泛,厚度稳定。单井涌水量1000~1500 m<sup>3</sup>/d,水温40~46℃,矿化度1000 mg/L左右。

(2)馆陶组下段热储:热储层顶板埋深1140~1180 m,底板埋深1710~1720 m,厚度530~580 m,含水层单层厚度4.4~14.5 m,可采用层数15~18层,累积厚度158~175 m。岩性为浅棕色、灰绿色粘土岩与棕灰色砂岩的不等厚互层,底部为灰白色块状细砂岩、中粗砂岩、砂砾岩层,为好的含水层位。上部有第四系和新近纪明化镇组作为热储盖层,加上热源、断层条件,地热地质条件有利。在地热田范围内其埋藏深度及厚度基本稳定。单井涌水量1500~2000 m<sup>3</sup>/d,水温62~67℃,矿化度5000 mg/L左右。

(3)东营组热储:热储厚度随基底构造变化较大,顶板埋深1710~1720 m,底板埋深2030~2070 m。一般分布在凹陷中心部位,在凹陷区边缘及凸起区往往缺失。岩性以细砂岩为主,水温55~70℃,矿化度大于10×10<sup>3</sup> mg/L。

(4)沙河街组热储:热储顶板埋深2030~2100 m,厚度200~450 m,本层分布较普遍,但厚度不均。根据地温梯度推算,水温可达70~90℃。该热储层由于埋深较大,难于开发利用。

### 2.4 地温变化情况

御临苑地热井(ZK3)地温点测资料及测井地温变化曲线表明:临清市区及附近区域,第四系层段内增温梯度较高,为3~3.5℃/100 m,平均3.25℃/100 m;新近纪明化镇组增温梯度一般为2.5~3.7℃/100 m,平均3.10℃/100 m;馆陶组地层增温梯度一般为2.0~3.4℃/100 m,平均2.7℃/100 m;该井附近不同深度地温情况见表1。

### 2.5 传热导水通道

地热田东西两侧为临清断裂和冠县断裂,它们形成于中生代,具长期及多次活动的特点。为凸起与凹陷之分界,是规模较大的断层。这两条断裂及隐伏的次级断裂长期活动,有的已达第四系和新近系盖层,它们沟通了热储层与热源的联系,是良好的

地质部第二石油普查勘探指挥部石油地质大队,临清地区石油地质普查初步总结报告,1981年。

导水和导热通道,地下热水及热量在此处易集中,使水温增高。实际的热储层温度远高于预测温度,也说明了断裂构造的存在。

表 1 御临苑地热井井温点测成果

Table with 8 columns: 井深 (m), 井温 (°C), 井深 (m), 井温 (°C), 井深 (m), 井温 (°C), 井深 (m), 井温 (°C). Rows show data for depths from 100m to 500m.

3 地热田地球物理特征

3.1 地层电阻率特征

当基岩中有断裂构造存在时,断裂构造的破碎作用使岩石的含水性增强而电阻率降低,并易形成电阻率梯级带,据此可以确定地热井井位。

本区的电测深曲线类型为 H 型,自上而下电性层特征为 1 > 2 < 3。其中,1 为第四系的反映,2 为新近系的反映,3 为古近系的反映。从视电阻率测深 a 断面图可知:

AB/2 = 22 ~ 400 m, a 总体为相对高低阻特征, a 值一般在 4.0 ~ 25.9 Ω·m 之间变化,与下部电场存在明显界面差异,推断为第四纪地层反映;

AB/2 = 400 ~ 2 000 m, a 值一般在 7.2 ~ 17.4 Ω·m 之间变化,为新近纪泥砂层反映;

AB/2 = 2 000 ~ 2 500 m, a 值一般在 20 Ω·m 左右变化,为新近纪底界的砂砾岩,为本区主要含水层和热储层,深度 1400 ~ 1 800 m。

根据本区 ZK2 孔测井曲线(图 2),粘土、粉砂、泥岩及粉砂岩层段 R 2.5 m 梯度电阻率呈低阻值反映,阻值一般为 6 ~ 10 Ω·m;细砂、中砂层及砂岩层段视电阻率值较高,阻值一般为 12 ~ 18 Ω·m;含砂砾岩、细砾岩层段视电阻率一般可达 40 Ω·m。

自然电位在井深 200 m 以浅粉砂、粘土、粉砂岩、泥岩层段,呈基值反映,井深 200 ~ 1 400 m 井段中含水层段,自然电位呈正异常反映,并与视电阻率

高阻相对应;井深 1 400 m 至终井含水层段,自然电位呈负异常反映,视电阻率值也相应变低,说明此段含水层中水的矿化度相对较高。

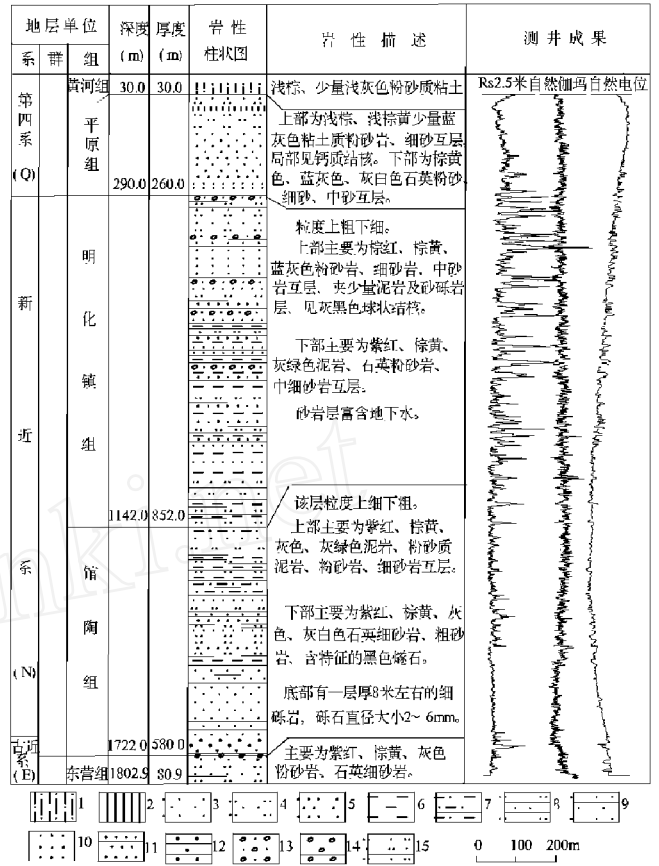


图 2 临清市城区 ZK2 钻孔综合柱状图 (据山东省地质科学实验研究院,山东省临清市颐清园小区地热单井地质报告,2003 年)

- 1—粉砂质粘土;2—粘土;3—细砂;4—粉砂;5—中砂;6—泥岩;7—粉砂质泥岩;8—粉砂岩;9—细砂岩;10—中细砂岩;11—中砂岩;12—粗砂岩;13—砂砾岩;14—砾岩;15—粉细砂岩

一般情况下砂岩比泥岩、粉砂岩自然伽玛值要低,而该井下部馆陶组底部砂砾岩层段,自然伽玛值反而明显偏高,这是由于此段砂岩中混杂的燧石、石灰岩及岩浆岩成分较多造成的。

3.2 地层的地震波特征

该地热田内与地热勘查有关的地震波组有 2 个,上部 T1 波为第一波组。其特点是全组产状近水平,反射密集、稳定、连续,经钻井证实相当于第四系至新近系,对应于第一构造层,反映了喜马拉雅期侵蚀面,该层角度不整合于下伏地层之上。本组地层厚度一般为 700 ~ 1 700 m,在馆陶凸起厚度较小,在冠县凹



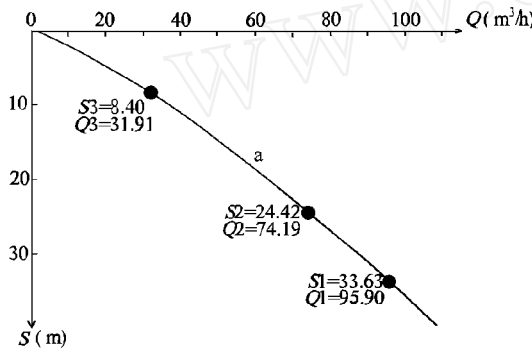
陷内厚度较大,冠县凹陷内厚 1 500~1 700 m,临清市城区附近第四系+新近系厚度在 1 700 m 左右。下部 T1 波以下到 Tm 波之间为第二波组,其特点是反射密集、连续性较好,剖面呈箕状结构。

对比钻井资料为古近系东营组至孔店组的反射,对应于第二构造层。冠县凹陷内,东营组厚 200 m,沙河街组一段为 400 m,二段为 700 m,三至四段为 1 500 m。

### 4 地热田开采层段

馆陶组热储层开采层段:颐清园地热井止水位置为 1 354.62 m,开采层段 1 354.62~1 802.90 m,采用含水层厚度为 171.2 m。御临苑地热井的止水位置为 1 437.88 m,开采层段 1 437.88~1 856.88 m,采用含水层厚度为 243.80 m。该热储层地热水适于地热采暖、洗浴及工业用途。

明化镇组热储层开采层段:九龙地热井止水位置 860 m,开采层段为 880~1 030 m。采用含水层厚



度为 66m。该热储层地热水适于洗浴。

### 5 地热井可开采量计算结果

#### (1) 馆陶组热储

根据颐清园地热井所做的抽水试验  $Q=f(s)$  曲线(图 3a),降深 20 m 时的出水量为  $62 \text{ m}^3/\text{h}$ 。初步计算该井在降深 20 m 时 1 a 的可开采量  $Q_a = 54.31 \times 10^4 \text{ m}^3$ ;该井 100 a 可开采量所释放的总热量  $Q_w = 11.56 \times 10^{12} \text{ kJ}$ ;地热井开采利用热储层单位面积可开采的热储量  $Q_r = 5.728 \times 10^6 \text{ kJ/m}^2$ ;按均衡原理计算热水井的合理井距  $D = 1 500 \text{ m}^{[1]}$ 。

#### (2) 明化镇组热储

根据九龙地热井所做的抽水试验  $Q=f(s)$  曲线(图 3b),降深 20 m 时,水量  $42 \text{ m}^3/\text{h}$ ,平均出水温度  $42.2^\circ\text{C}$ 。该井 100 a 可开采量所释放的总热量  $Q_w = 4.072 \times 10^{12} \text{ kJ}$ ;地热井开采利用热储层单位面积可开采的热储量  $Q_r = 6.963 \times 10^5 \text{ kJ/m}^2$ ;按均衡原理计算热水井的合理井距  $D = 1 400 \text{ m}$ 。

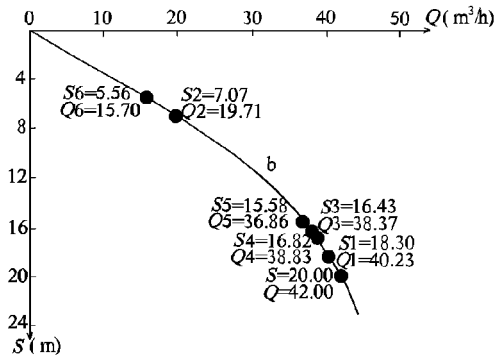


图 3 临清地热田  $Q=f(s)$  曲线

a - 颐清园地热井(ZK2)  $Q=F(S)$  曲线;b - 九龙地热井(ZK1)  $Q=F(S)$  曲线

### 6 地热水水质特征

#### 6.1 馆陶组热储层地热水特征

物理观感性状略显淡黄色,口感略有咸味,透明不含异物。主要阳离子为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$ ,其含量分别平均为  $1 774.64 \text{ mg/L}$  和  $134.44 \text{ mg/L}$ ;阴离子主要为  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,其含量分别平均为  $2150.61 \text{ mg/L}$  和  $913.69 \text{ mg/L}$ 。水化学类型属氯化钠型。矿化度平均为  $5 228.95 \text{ mg/L}$ ,属咸水;总碱度平均为  $206.28 \text{ mg/L}$ ;pH 值平均为 7.78,属中性水;总硬度(以  $\text{CaCO}_3$  计)平均为  $500.74 \text{ mg/L}$ ,属硬水。

地热水中  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  达到了矿水浓度,F 达到了有医疗价值浓度。并含有 Fe,Mn,Li,Br,I 等有益元素和放射性元素,具有较高的医疗保健价值。

该层地热水拉申腐蚀指数 LI 为 19.90,对金属有强腐蚀性。对普通水泥有结晶性侵蚀,对抗硫酸盐水泥无结晶性侵蚀,对各类水泥无分解性侵蚀。经评价该地热水结垢性弱,不形成碳酸钙垢、硫酸钙垢、硅酸盐垢,但地热水中的二价铁,在地热水暴气后,可能形成铁垢。

地质部第四物探大队,临清工区地震普查工作成果报告,1981 年。

该地热水中  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{S}$  的含量很低,不会对大气造成污染。其他有害成分含量均未超出“最高允许排放浓度”的要求,不会对环境产生不良影响。

## 6.2 明化镇组热储层的水质

物理感观性状无色,口感无味,透明不含异物。地热水中主要阳离子为  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$ ,其含量分别平均为 271.46mg/L 和 5.13mg/L;阴离子主要为  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ,含量分别平均为 550.70 mg/L 和 82.78 mg/L。水化学类型属重碳酸钠型。热水矿化度为 980.20 mg/L,属咸水;总碱度为 465.36 mg/L; pH 值为 8.50,属中性水;总硬度(以  $\text{CaCO}_3$  计)为 17.36 mg/L,属硬水。

地热水中的  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  达到了矿水浓度;F 达到了命名矿水浓度。并含有 Fe, Mn, Li, Br, I 等有益元素和放射性元素,属低温地热资源温热水。

对金属的腐蚀性、对建筑物及水泥的侵蚀性、结垢性都较馆陶组地热水弱。

## 7 地热水氢氧同位素特征及年龄

据法国 J. Ch. 丰特认为:0~5 氚单位(T. U)说明 40 a 前的古水成分占优势,5~40 氚单位表示新近的入渗水和古水之间有混合作用。

馆陶组热储地热水中的氚含量为  $(4.39 \pm 3.61) \sim (15.09 \pm 3.12)$  T. U,明化镇组热储地热水为  $(13.26 \pm 3.17)$  T. U,表明二者均属新近的入渗水和古水的混合水。据此推算该区馆陶组地热水的年龄大致为 10~70a,明化镇组地热水的年龄大致为 10~20a。

D— $^{18}\text{O}$  图解(图 4)大致为一水平直线。此直线与大气降水线的交点接近于当地现代大气降水的氢氧同位素组成,只有  $^{18}\text{O}$  增加的现象称为氧同位素漂移<sup>[21]</sup>。

该区馆陶组地热水中的  $\text{D} = -49.87 \times 10^{-3}$ ,  $^{18}\text{O} = -9.71 \times 10^{-3}$ ,从图中可以看出,该地热水主要为大气降水成因,通过深循环在地温作用下被加热而形成的。

## 8 结论和建议

(1) 临清地热田范围广大,处于凹陷区内,地热

成矿地质条件有利,具备寻找较高温度较大水量地热田的条件。基底断裂及其次级断裂构造发育且长期活动,有的已达第四系和新近系,断裂构造发育处有利于水和热的汇集及赋存。(2) 该地热田可供开采的热储层有 3 个,新近纪明化镇组下段热储层、馆陶组下部的热储层、古近纪沙河街组热储层。三者各有特点,最有开发利用价值的是馆陶组热储层。热储类型均为层状孔隙型。

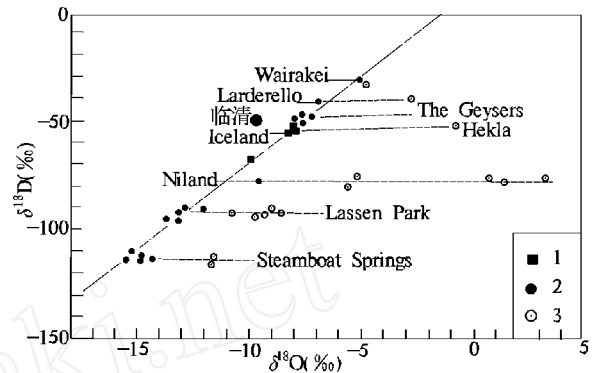


图 4 氢氧同位素成分投影图

1—局部大气降水或稍微加热的近地表水;2—热泉地热水;  
3—高温高压地热汽(Niland 指索尔顿海地地区)

(3) 本区第四系+新近系的厚度大约为 1700 m 左右,这决定了馆陶组热储层的深度。

(4) 该区合理井距应控制在不小于 1500 m。

(5) 建议开发单位对该地热井进行地下热矿水的动态监测工作,积累资料,建立完整的地热井档案,以便正确指导该地区的地热开发。

(6) 应加强临清市城区地热资源开发利用规划,加强对本地区地热资源管理,合理有序地开发地热资源,对井距、井的数量及开采量均应控制在合理的范围内。当地政府应制定优惠政策鼓励企业进行地热开发。

## 参考文献:

- [1] 薛禹群,朱学愚.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1978, 63-120.
- [2] 郑永飞,陈江峰.稳定同位素地球化学[M].北京:科学出版社, 2000,152-153.

(下转第 43 页)

## Topographic Control of Cadastral Survey and Accuracy Analysis by Using RTK Technology

ZHAO Peng<sup>1</sup>, HE Feng - yong<sup>1</sup>, Lu Min<sup>2</sup>

(1. Jinan Prospecting and Surveying Research Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Suzhou Geo - engineering Exploration Institute, Jiangsu Zuzhou 215129, China)

**Abstract :** During the cadastral survey for the cleaning - up and readjustment of real estate development and building land in Jinan City, RTK technology is adopted to carry out the survey and topographic control points is arranged according to distribution of the surveyed areas. Based on comparative study between the result gained by using RTK technology and the accuracy of Topographic control points gained through the electronic tachometer method, it is proved that accuracy by using RTK technology can totally satisfy the requirements of cadastral topographic - control survey.

**Key words :** RTK; cadastral survey; topographic control; accuracy

---

(上接第 31 页)

## Geological Characteristics of Geotherm in Linqing Geothermal Fields in Shandong Province

Yang De - ping

(Shandong Institute and laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract :** Main body of Linqing geothermal field in Shandong province locates in Guanxian depression with the square of about 1550km<sup>2</sup>. Its geothermal type belongs to stratified pore type; its heat source is the conductive heat come from the inside of the earth, and the cover is Minghua formation in Quaternary and Neogene. 4 geothermal reservoirs can be used, and the reservoir at the lower part of Guantao formation has the highest exploration value. The burial depth of its roof is about 1100m, while its bottom is about 1700m; its thickness is 530 ~ 580m; the accumulative depth of its water - bearing layer is 158 ~ 175m; its specific well yield is 1500 ~ 2000m<sup>3</sup>/d; water temperature is 62 ~ 67 °C; and its mineralization degree is about 5000mg/L. It has corrosion characteristics and weak scaling, which has good exploration value. As calculated, exploitation yield of 1 specific well in 1a in Guantao geothermal reservoir is 5.431 × 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup>; total exploitation yield is 1.156 × 10<sup>13</sup> KJ, and reasonable spacing between wells is 1500m.

**Key words :** Geotherm; geological characteristics; geothermal reservoir; Guantao formation; Linqing county in Shandong province