



# 聊城市城区地热资源及开发利用

张保建

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

**摘要:**聊城市城区位于临清潜陷区和鲁中隆起区的接合部位, 地热成矿地质条件有利。地热类型属层状裂隙-孔隙型和裂隙-岩溶型, 可被利用的热储层主要有 3 个, 分别为新近纪馆陶组、古近纪东营组裂隙-孔隙型热储和寒武-奥陶纪裂隙-岩溶型热储。3 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; 聊城市城区

**中图分类号:** P314.1 **文献标识码:** A

聊城市位于山东省西部, 地处鲁西北平原, 是著名的“江北水城”。近年来的地热地质勘查工作表明, 聊城市城区一带地热成矿地质条件有利, 低温地热资源丰富, 具有较好的开发应用前景。现聊城市城区已有近 10 眼地热井, 在采暖、医疗洗浴、旅游等方面进行开发利用, 对发展当地经济、保护环境, 促进旅游, 改善人民生活质量具有重要意义。

## 1 区域地质背景

聊城市城区位于华北拗陷临清潜陷和鲁中隆块的接合部位, 以聊考断裂为界, 以西为临清潜陷, 以东为鲁中隆块(图 1)。

### 1.1 地层

该区地表被第四系覆盖。据邻近钻孔资料揭示, 临清潜陷区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, 其中新生界厚度巨大, 可达数千米。聊考断裂以东的鲁中隆块(以下称“古潜山区”)则由老至新发育有新太古代变质岩系、寒武-奥陶系、石炭-二叠系、新近系和第四系, 其中新生界厚度一般不足千米, 且缺失古近系。与地热资源有关的地层主要为临清潜陷区的古近系、新近系及聊考断裂以东古潜山区的寒武-奥陶系。

(1) 寒武-奥陶系: 寒武系由泥岩、页岩及灰岩组成, 厚度 617 m; 奥陶系为马家沟组灰色—灰黑色中厚层状

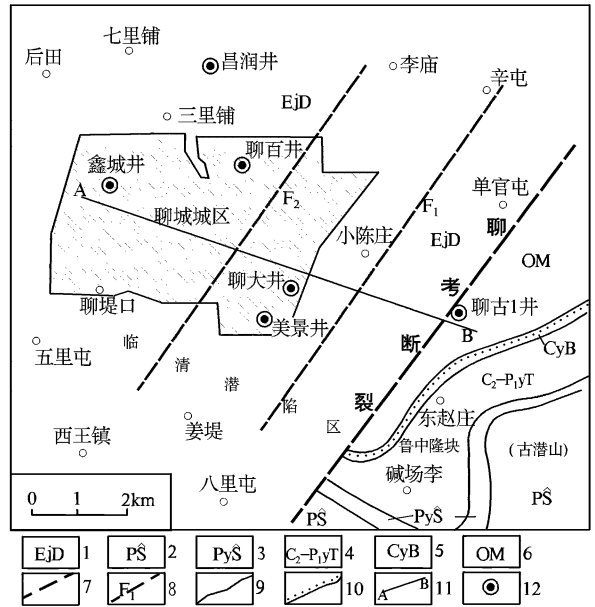


图 1 聊城市城区前新近纪基岩地质略图  
1—东营组; 2—石盒子组; 3—山西组; 4—太原组; 5—本溪组;  
6—马家沟组; 7—主干断裂; 8—推测断裂; 9—地层界线; 10—  
平行不整合界线; 11—地热地质剖面线; 12—地热井  
灰岩及泥灰岩, 夹暗灰色白云岩, 厚度为 864 m。

(2) 古近纪经济阳群: 古近纪经济阳群在该区研究程度较低, 在古潜山区缺失。孔店组: 主要岩性为砂砾岩、砂岩、泥岩, 含石膏。沙河街组: 主要岩性为泥岩、泥灰岩、油页岩, 夹石膏层, 底部有砂岩、砾岩。孔店组和沙河街组在该区厚度约 1 800 ~ 2 400 m。  
东营组: 岩性为粉细砂岩、中细、中粗砂岩与泥岩、

收稿日期: 2007-07-16; 修订日期: 2007-09-05; 编辑: 陶卫卫  
作者简介: 张保建(1973-), 男, 山东临邑人, 工程师, 主要从事水工环地质技术工作。  
山东省第一地质矿产勘查院, 山东省聊城市东昌府区唐庄(聊城大学) 地热单井地质报告, 2004 年。



砂质泥岩互层,厚度在 4 000 m 左右,底界埋深预测为 1 700~1 800 m。

(3) 新近纪黄骅群: 馆陶组:岩性为粉细、中细及中粗砂岩、泥岩、砂质泥岩互层;顶部普遍发育 2~3 层钙质泥岩,厚十几米至数十米;底部为中粗、中细砂岩与粉砂岩、泥岩互层。厚度约 330~400 m,层底埋深 1 250~1 400 m;在古潜山区部分缺失,厚度仅 50 m 左右。明化镇组:岩性为含砾粗砂岩、砂砾岩,中粗、中细、粉砂岩,粉细砂岩与泥岩、砂质泥岩互层;厚 700 m 左右,层底埋深 900~1 000 m;在古潜山区厚 500 m 左右,层底埋深约 800 m。

## 1.2 构造

聊考断裂带在该区穿过,据地壳厚度的变化分析,聊考断裂两侧地壳块体断差达 4~6 km,断裂断开了莫霍面并切达上地幔,是一条规模宏大的深大断裂。聊考断裂自中生代强烈活动以来,对西侧拗陷和东侧隆起的发育起控制作用,古近纪活动强烈,在聊城一带断距达 3 000~4 000 m;新近纪继续活动,断距达 600~1 200 m;第四纪仍有活动显示<sup>[1]</sup>。聊考断裂带附近是地震多发区,在 1502—1948 年间,仅 5 级以上地震就发生过 6 次<sup>[2]</sup>,表明该断裂是现代仍在活动的新构造活动带,具有一定程度的透水及控热作用。 $F_1$ 、 $F_2$  断裂为聊考断裂的次级断裂。 $F_1$  断裂是据物探资料推测的断裂,对第四系和新近系上部地层沉积影响不大,对新近系下部和古近系错动比较明显。 $F_2$  断裂是根据热储水化学资料推测的断裂,对热储层有一定程度的错动。

## 2 地热地质条件

### 2.1 热源与补给源

该区地热类型属层状裂隙-孔隙型和裂隙-岩溶型,热源主要来自地壳深处及上地幔的传导热。根据物探资料该区地壳厚度为 32~34 km,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。据德州、临清等地的氢氧同位素分析表明<sup>[3-4]</sup>,该区地下热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远近山区的侧向径流补给。大气降水在东部鲁中山区和西部太行山区汇集地表径流,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,并与围岩发生水盐

反应,溶解了大量的微量元素成分。受热的地下水由于密度差异引起自然对流,加上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。

### 2.2 盖层

为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,粘性土和泥岩单层厚度大,一般为数米至数十米,是良好的隔水层和保温层,使热能得以保存和储集。在聊考断裂以西总厚度 900~1 000 m;在古潜山区总厚度 800 m 左右。

### 2.3 热储层

根据现有地热井资料,该区可被利用的热储层主要有 3 个,其中新近纪馆陶组和古近纪东营组热储属砂岩类裂隙-孔隙型热储,寒武-奥陶纪热储属灰岩类裂隙-岩溶型热储。

(1) 馆陶组热储:具有开发价值的热储层主要分布在聊考断裂以西,热储层顶板埋深 950~1 000 m,底板埋深 1 250~1 400 m,厚度 330~400 m。含水层单层厚度一般 2~20 m,最厚可达 50 m 左右,可采用层数 12~16 层,累计厚度 100 m 左右。岩性为黄棕、黄白色中细、中粗砂岩、含砾中粗砂岩,黄棕色粉细砂岩与红棕、蓝灰、浅灰、深灰色泥岩互层。其中中细、中粗砂岩、含砾中粗砂岩为好的含水层位,上部有第四系和新近纪明化镇组为热储盖层。在聊考断裂以西其埋藏深度和厚度基本稳定。单井涌水量 1 000~1 500 m<sup>3</sup>/d,水温 50~53℃,矿化度 3 969.60~8 283.42 mg/L。

(2) 东营组热储:仅在聊考断裂以西有分布,热储层顶板埋深 1 250~1 400 m,底板埋深预测为 1 700~1 800 m(昌润金井 1 606.67 m 未揭穿),厚度为 400 m 左右(钻孔揭露为 238.28 m)。含水层单层厚度一般为 2~25 m,可采用层数 15~20 层,累计厚度预测为 100~150 m(钻孔揭露为 115.7 m)。岩性为黄棕、浅黄色中细、中粗、粗砂岩,黄棕色粉细砂岩与红棕、蓝灰、浅灰、深灰色泥岩互层。其中中细、中粗、粗砂岩为好的含水层位,上部有第四系、新近纪明化镇组和馆陶组为热储盖层。埋藏深度和厚度基本稳定。单井涌水量 1 500~2 000 m<sup>3</sup>/d,水温 55~65℃,矿化度 5 035.87~10 120.75 mg/L。

(3) 寒武-奥陶纪热储:分布在聊考断裂以东的古潜山区,其中奥陶纪热储顶板埋深 800~1 000 m,岩性主要为厚层灰岩及豹皮状灰岩,裂隙岩溶发育;寒武纪热储顶板埋深 1 700 m 左右,热水主要赋存于层状灰岩岩溶裂隙中。热储含水层以奥陶纪灰岩上部的厚层结晶次生灰岩古溶蚀发育带为主,裂隙岩溶率为 8%~15%,总厚度 100 m 左右。自流量 400~1 000 m<sup>3</sup>/d,降深 54.6 m 时,单井涌水量可达 3 000 m<sup>3</sup>/d,井口水温 53~62℃,矿化度 5 252.38~5 321.79mg/L。

### 2.4 传热导水通道

聊考断裂为上地幔的深大断裂,并且是现代仍在活动的新构造活动带,它与其两侧的次级断裂长期活动,有的已达第四系或新近系盖层,它们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易集中,使水温增高。

## 3 地温场特征

该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。

### 3.1 地温场的水平方向变化特征

由于受地质构造和盖层厚度等因素的影响,该区地温场的水平方向变化明显。地温梯度的水平分布与基岩起伏呈正向关系(图 2)。在聊考断裂以东的古潜山区(正向构造区),基岩埋藏浅,盖层地温梯度大,在 5℃/100m 以上;热储温度高,在井深 800 m 处温度即达 54℃。在临清潜陷区(负向构造区),基岩埋藏深,盖层地温梯度小,一般 3~3.5℃/100m;热储温度相对较低,在井深 1 400 m 处温度在 55℃左右。即古潜山区地温梯度明显大于临清潜陷区的地温梯度。

### 3.2 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。第四纪与新近纪地层结构疏松,热传导率小;古近纪地层结构较第四系紧密,热传导率大于第四系;基岩结构致密,热传导率大于古近系及其以上地层。

临清潜陷垂向上地温梯度总的特征是:新生界上部比下部地温梯度高;以泥岩为主的井段比以砂岩为主的井段地温梯度高。但由于新生界均为较松散沉积岩类,其垂向地温梯度差异不甚明显,其差值一般在 0.5℃/100m 以下。

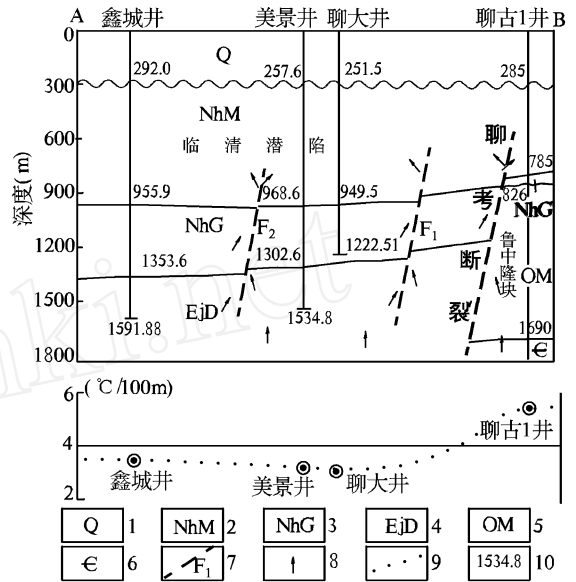


图 2 聊城市城区地热地质剖面略图

1—第四系;2—新近纪明化镇组;3—新近纪陶馆组;4—古近纪东营组;5—奥陶纪马家沟组;6—寒武系;7—断层及编号;8—热源运动方向;9—地温梯度剖面线;10—地层层底埋深及终孔深度

古潜山区地温场的垂向变化则非常明显。以聊古 1 孔为例,在井深 800 m 处的地层为新近纪陶馆组,其井温为 54℃,由地表到井深 800 m 区段的地温梯度值变化在 5.00~7.94℃/100m,表明在古潜山顶部上覆的第四系和新近系地温梯度值较大;在井深 800~1 700 m 区段,即奥陶系分布的 900 m 范围内,井温差仅为 7℃,地温梯度值仅为 0.82℃/100m;在井深 2 000 m 时,即进入寒武系内,井温为 74.2℃,地温梯度值为 2.56℃/100m。

从聊古 1 孔各井段不同地层层位间的地温梯度变化来看,奥陶系灰岩顶部覆盖的新近系区段地温梯度显著增高,反映出正向构造地温变化的特点。奥陶系局部隆起构造形成的地热异常主要与隆起上的热流温度增高有关。由于奥陶系顶部灰岩热传导率较大,而上覆新近系盖层的传导率较小,致使在隆起上部热流密度增大。而奥陶系顶部灰岩为古风化壳,裂隙岩溶十分发育,为地下富水带。其西侧的聊考断裂带沟通了各岩系,形成地下水深循环,导致热对流。此风化壳的含水量受大气降水的补给,当补给量小于对流加热速率时则增温。综合分析,古潜山区热储地温偏高是局部隆起构造的热传导作用为主造成的,断裂构造对控热也起一定作用。

## 4 地热水水质特征

### 4.1 主要热储层地热水特征

馆陶组热储层:地热水矿化度为 3 969.60 ~ 8 283.42 mg/L,属咸水;总硬度为 398.66 ~ 1 349.40 mg/L,属微硬水至极硬水;热水中阳离子以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  为主,含量分别为 1 225.0 ~ 2 442.0 mg/L 和 127.72 ~ 388.1 mg/L,阴离子以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  为主,含量分别为 782.67 ~ 3 337.0 mg/L 和 1 550.51 ~ 1 790.0 mg/L;pH 值 7.3 ~ 7.9,属中性水或弱碱性水;水化学类型属  $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Na}$  型或  $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl-Na}$  型水。

地热水中锶含量为 13.74 mg/L,达到命名矿水浓度,偏硅酸、碘含量达到矿水浓度,氟、偏硼酸含量达到有医疗价值浓度,可命名为锶水,具有较高医疗保健价值。

东营组热储层:地热水矿化度为 5 035.87 ~ 10 120.75 mg/L,属咸水或盐水;总硬度为 718.06 ~ 1 496.61 mg/L,属硬水至极硬水;热水中阳离子以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  为主,含量分别为 1 443.0 ~ 3 161.0 mg/L 和 211.9 ~ 432.3 mg/L,阴离子以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  为主,含量分别为 1 362.0 ~ 4 405.0 mg/L 和 1 463.0 ~ 1 790.0 mg/L;pH 值 7.2 ~ 7.5,属中性水;水化学类型属  $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Na}$  型或  $\text{Cl-Na}$  型水。

地热水中锶、碘、偏硅酸、氟、溴、偏硼酸等有益组分含量达到有医疗价值浓度,其中美景地热井锶含量为 22.31 mg/L,碘含量为 5.50 mg/L,均达到命名矿水浓度,可命名为锶·碘水,具有很好的医疗保健价值。

古潜山奥陶纪热储层:地热水矿化度为 5 252.38 ~ 5 321.79 mg/L,属咸水;总硬度为 2 376.47 ~ 2 406.51 mg/L,属极硬水;热水中阳离子以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  为主,含量分别为 812.5 ~ 863.56 mg/L 和 707.78 ~ 720.67 mg/L,阴离子以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  为主,含量分别为 1 617.17 ~ 1 646.67 mg/L 和 1 605.7 ~ 1 745.2 mg/L;pH 值 6.9 ~ 7.8,属中性水或弱碱性水;水化学类型属  $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4\text{-Na} \cdot \text{Ca}$  型水。

地热水中含有丰富的微量元素和其他化学组分。其中锶含量为 13.9 ~ 16.64 mg/L,偏硅酸含量为 33.78 ~ 46.8 mg/L,氟含量为 2.0 ~ 3.28 mg/L,锂含量为 0.937 ~ 1.38 mg/L,锶、氟达到命名矿水

浓度,锂、偏硼酸达到矿水浓度,可命名为氟·锶型医疗热矿水,具有很好的医疗保健价值。

以上各热储层地热水中氯离子和硫酸根离子含量较高,对金属有强腐蚀性,且硫酸根对混凝土有中到强腐蚀性。地热水结垢性弱,不形成碳酸钙垢、硫酸钙垢和硅酸盐垢。但地热水中的二价铁,在地热水曝气后可能形成铁垢。地下水中各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。

### 4.2 地热水水质空间变化特征

地热水水质水平方向变化特征:在平面变化上,古—新近系砂岩类裂隙-孔隙热储和寒武-奥陶系灰岩类裂隙-岩溶热储地热水水质的区别主要在于后者钙、镁离子和总硬度相对较高,反映出岩溶水所具有的特点。

在古潜山区内部水平方向上地热水水质变化甚微。在临清潜陷区水平方向上地热水水质则有明显的变化。大致以  $F_2$  断裂为界,分为  $F_2$  断裂以西和  $F_2$  断裂以东 2 个块段。 $F_2$  断裂以东块段地热水中  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  含量和矿化度明显高于  $F_2$  断裂以西块段,而  $r\text{Na}/r\text{Cl}$  和  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  比值则明显低于  $F_2$  断裂以西块段(表 1),反映了  $F_2$  断裂以东块段处于相对封闭状态。 $F_2$  断裂以东块段地热水中锶、偏硅酸等有益组分的含量也明显高于  $F_2$  断裂以西块段。

据此推测了  $F_2$  断裂的存在,并且认为其为阻水(或弱透水)断层,是由于断裂构造活动,热储层位被错断,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。 $F_1$  断裂也因为同样的原因而成为阻水(或弱透水)断层,在开发区  $F_1$  断裂附近(小陈庄东北约 400 m)曾有一眼地热孔因出水量小而报废,也进一步可以佐证。

地热水水质垂向变化特征:古潜山区缺乏垂向分层水质分析资料,地热水水质垂向变化特征不明。临清潜陷垂向上地热水水质的变化特征为:在相同块段,随着深度增加, $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  含量和矿化度逐步增高,而  $r\text{Na}/r\text{Cl}$  和  $r\text{SO}_4/r\text{Cl}$  比值则逐步减少(表 1)。

## 5 地热资源可开采量初步估算

### 5.1 地热资源可开采量估算

临清潜陷区:目前地热井开采情况为馆陶组(主要为中下部)和东营组中下部热储混合开采,缺乏分

表 1 临清潜陷 F<sub>2</sub> 断裂以东块段和 F<sub>2</sub> 断裂以西块段地热水水质对比

所属块段	井位	Na <sup>+</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	矿化度(mg/L)	rNa/ r Cl	r SO <sub>4</sub> / r Cl	取水段(m)
F <sub>2</sub> 断裂以东块段	聊大井	2422.0	3337.0	8283.42	1.13	0.40	954.5 ~ 1201.2
	美景井	3161.0	4405.0	10120.75	1.08	0.30	1145.7 ~ 1529.8
F <sub>2</sub> 断裂以西块段	聊百大井	1225.0	782.67	3969.60	2.28	1.46	1104 ~ 1420
	鑫城井	1443.0	1362.0	5035.87	1.61	0.93	1080.1 ~ 1577.7
	昌润井	1658.0	1858.0	5487.54	1.37	0.58	1104.8 ~ 1595.8

层位数据。按混合数据计算,单位面积可利用地热资源量为  $2.7448 \times 10^9 \sim 4.7913 \times 10^9 \text{ J/m}^2$ ,聊城市城区在临清潜陷部分可利用地热资源量为  $2.17 \times 10^{14} \text{ kJ}$ ,折合标准煤  $741 \times 10^4 \text{ t}$ 。

古潜山区:采用热储法估算地热资源量为  $3.58 \times 10^{14} \text{ kJ}$ ,折合标准煤  $1223.5 \times 10^4 \text{ t}$ ;其中可利用地热资源量为  $53.7 \times 10^{12} \text{ kJ}$ ,折合标准煤  $183.5 \times 10^4 \text{ t}$ 。

## 5.2 地热水可开采量估算

临清潜陷区:根据美景、鑫城、昌润等地热井抽水试验资料,降深 20 m 时的地热水允许开采量为  $987.84 \sim 1623.27 \text{ m}^3/\text{d}$ ,平均单井允许开采量为  $1287.66 \text{ m}^3/\text{d}$ ;地热井合理井距为  $1785.2 \sim 2489.92 \text{ m}$ ,平均为  $2217.6 \text{ m}$ 。估算可布设地热井 14 眼,城区在临清潜陷部分地热水可开采量为  $1.803 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,合  $658.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

古潜山区:经初步估算,地下热水静储量为  $2.40 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,地热水可开采量为  $0.353 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,合  $128.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

## 6 开发利用应注意的几个问题

(1) F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> 断裂为阻水(或弱透水)断层,它们错断了热储层位,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,在以后的地热资源勘查中应充分做好地球物理勘查工作,准确确定断层位置及产状,尽量避免地热井位布置在阻水断层及其附近。

(2) 聊城市城区在临清潜陷区目前部分最深开采深度为东营组热储中上部,以后应对东营组下部及其下伏沙河街组热储加强勘查利用。上述地热资源可开采量是根据现有资料估算的,若加强开发深部地热资源并注意分层开采,可布设地热井应为 20 眼左右,地热资源可开采量还有较大潜力。

(3) 地热资源的开发利用中应根据不同层位、不同区段热储水温、水质的不同,分层分区对地热资源的用途进行分区规划。

F<sub>2</sub> 断裂以东块段地热水中锶、偏硅酸等有益组分的含量相对较高,因此应考虑其用途应以医疗洗浴和温泉旅游用水为主,同时东营组及下伏沙河街组地热水应兼顾供暖等其他用途。F<sub>2</sub> 断裂以西块段应尽量开发东营组及下伏沙河街组地热水用于供暖,同时应兼顾医疗洗浴等其他用途。古潜山区的聊古 1 孔孔深 2337.72 m,为自流水,长期用于地震监测。该孔东北侧约 2500 m 单官屯附近曾施工一眼地热井,在抽水试验时聊古 1 孔自流量骤减,基本失去地震监测作用,待到单官屯地热孔封闭后,聊古 1 孔才又恢复自流。因此在古潜山区开发地热资源应非常慎重,尽量远离聊古 1 孔,以不影响该孔的地震监测为原则。由于古潜山区地热水中含有丰富的微量元素和其他化学组分,在用于地震监测后应尽量用于医疗洗浴等其他用途。

## 7 结论与建议

(1) 聊城市城区位于临清潜陷和鲁中隆块的接合部位,地热成矿地质条件有利。聊考断裂为断至上地幔的深大断裂,与其两侧的次级断裂长期活动,有的已达新近系或第四系,沟通了热储层与热源的联系,有利于水和热的汇集和赋存。

(2) 该区可被利用的热储层主要有 3 个,分别为新近纪馆陶组和古近纪东营组砂岩类裂隙-孔隙热储和寒武-奥陶纪灰岩类裂隙-岩溶热储。3 个热储层水温、水质各具特点,均具有较好的开发利用价值。

(3) 聊城市城区在临清潜陷区部分可布设地热井 20 眼左右,地热资源的开发利用中应根据不同层位、不同区段热储水温、水质的不同,分层分区对地热资源的用途进行分区规划。

(下转第 22 页)

体滑动而影响场区。土钉挂网砼喷护主要布置在不稳定坡体前缘坡面。钢筋网上部与联接梁相接,坡面打入土钉,表面采用砼喷护以增强坡面稳定性,防止由于土体开挖造成土体临空造成边坡表面失稳。监测则是在工程施工过程及施工结束后,对工程质量及坡体稳定性的测量与检验。主要以 GPS 测量方式监测地表绝对位移等。

该文在撰写过程中,得到了中国地质环境监测院刘传正博士的亲切指导,在此表示衷心的感谢。

### 参考文献:

- [1] 刘传正. 地质灾害勘查指南[M]. 北京:地质出版社,2002.

## Stability Analysis and Prevention Countermeasures of Southwest Clima in Yanchishan Mountain in Jinan City

DUAN Xiu - ming<sup>1</sup>, HAN Yong - dong<sup>2</sup>

(1. Shandong Geological Environmental Monitoring Center, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract**: On the basis of analyze characteristics of artificial dug slope bodies and the condition of geological environment, adopting mechanics transfer coefficient method and choosing 6 profiles to analyze the stability of landslides, it is pointed out that unstability of southwest slope in Yanchishan mountain is caused by artificial elements. Unstable regions are circled in this paper. Prevention countermeasures, such as resist slip pile, joins oingirgerspar, prestressing anchored, suspended mesh and monitoring are put forward.

**Key words**: Yanchishan mountain; landslide body; stability analysis; prevention; Jinan city

(上接第 19 页)

(4) 应充分利用地热能,加强地热能的“梯级综合利用”。同时应遵循开源与节流并举和开发与保护并重的原则,根据不同用途,分层开采利用,对不同层位地热井井距、井的数量及开采量均应控制在合理的范围内。

(5) 加强地热水的动态监测工作,对地热开发有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,以正确指导该区地热资源的开发,保护地质环境。

### 参考文献:

- [1] 王学潮,向宏发.聊城-兰考断裂综合研究及黄河下游河道稳定性分析[M]. 郑州:黄河水利出版社,2001,32-34.  
[2] 孔庆友,张天祯,于学峰,等.山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006,199-201.  
[3] 陈墨香.华北地热[M]. 北京:科学出版社,1988,94-102.  
[4] 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.

## Exploitation and Utilization of Geothermal Resource in Liaocheng City

ZHANG Bao - jian

(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract**: Liaocheng city locates in the combining section of Linqing depression and Luzhong uplift which has favorable condition for forming geothermal resource. Geotherm in this area majorly belongs to multi - strata fissure - pore type and fissure - karst type. There are three kinds of geothermal reservoirs available, such as Neogene Guantao formation, Paleogene Dongying formation fissure - pore type geotherm and Cambrian - Ordovician fissure - karst type. All these three kinds of geothermal reservoirs have high exploration and utilization value, and each has its own characteristics of water quality and water temperature. Geological condition of geotherm, characteristics of ground temperature field and water quality in this area are analyzed in this paper, and few problems occurred in exploitation and utilization are studied as well.

**Key words**: Geothermal resource; exploitation and utilization; districts in Liaocheng city