

河南省遂平县城地热田地热地质特征

吴继新,王 娟,刘华平,李 扬,李 昕

(河南省地矿局第一地质工程院,河南 驻马店 463000)

[摘要] 阐述了河南省遂平县城地热田的地热地质特征,包括地球物理特征、地球化学特征和热储结构特征,指出了地热资源的形成与分布,主要受控于北西向杨庄—王勿桥断裂和北东向遂平断裂,划分出两大热储层并简述其结构特征。

[关键词] 地热地质特征;控热断裂;热储层

[中图分类号] P314 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1004-1184(2009)06-0146-04

1 地质概况

1.1 区域地层

遂平县城地处汝河冲积平原区,微地貌表现为河间洼地与局部残留缓岗丘相间分布。区域上位于华北拗陷南端的驻马店—淮滨凹陷之西北段,基底为白垩系火山碎屑岩。现将地层从老至新简述如下:

(1)白垩系(K):岩性为白垩系淡紫、灰白色浓纹质凝灰岩、安山岩、流纹岩、火山角砾岩,埋藏深度大于1454 m。

(2)古近系(E):驻马店—淮滨凹陷带古近系普遍缺失古新统,始新统相当于豫东地区的沙河街组,为一套还原环境条件下形成的浅湖—深湖相沉积物,岩性为深灰色、灰褐色粘土岩、砂质粘土岩夹浅灰色粉砂岩、细砂岩及钙质砂岩,顶板埋深860.1 m,1454 m未能揭穿,厚度大于594 m。渐新统相当于区域上的东营组,为一套棕红、紫红色粘土岩、砂质粘土岩夹薄层泥质粉细砂岩,埋藏于572.9~860.1 m,厚度287.2 m。

(3)新近系(N):岩性为棕红色粘土岩、砂质粘土岩与细砂岩、中砂岩互层,底部有含砾中粗砂岩和砂砾岩,埋藏于203.7~572.9 m,厚度369.2 m。

(4)第四系(Q):更新统厚度120~200 m,岩性下部为灰绿色粘土夹含砾中粗砂、泥质粉细砂,中部为棕红、棕黄色含钙核粘土、粉质粘土夹卵砾石、砂砾石、中细砂,上部为浅棕黄色粉土、粉质粘土夹砂砾石、中粗砂;全新统厚度2~5 m,岩性为灰黑色淤泥质粉质粘土、淤泥质粉土,地表覆盖灰黄色、浅黄色粉土、粉质粘土。

1.2 地质构造

本区断裂主要有三条,即驻马店—息县大断裂、杨庄—王勿桥断裂和遂平断裂(见图1),它们共同控制着地热资源的形成与分布。

(1)驻马店—息县大断裂(F_1):属区域活动性大断裂,走向北西,倾向北东,倾角大于70°,两盘落差1400~1700 m。上盘

自燕山运动以来一直处于沉降状态,新生界厚度多在1000~2000 m之间,为驻马店—淮滨凹陷带地热资源的形成与赋存提供了极为有利的条件,是区域性的控热断裂。

(2)杨庄—王勿桥断裂(F_2):属区域性断裂,走向北西,倾向北东,倾角约79°,两盘落差大于1000 m。在该断裂的长期活动的作用下,其两侧新生界厚度和岩相存在着巨大差异。该断裂构成遂平县城地热田的西部边界,是地热田的主要控热断裂。

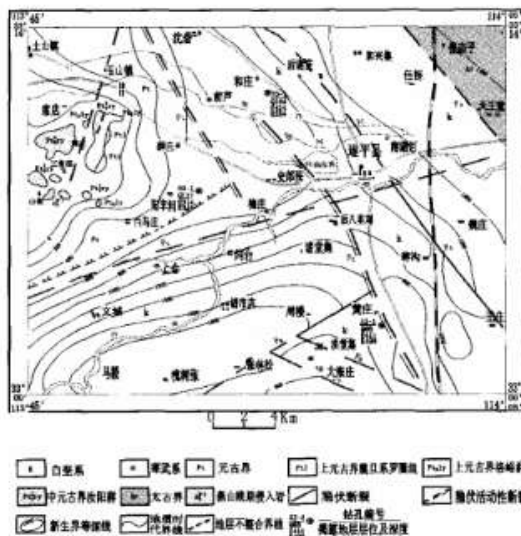


图1 区域地质图

(3)遂平断裂(F_3):该断裂走向北东,倾向南东,倾角大于70°,两盘落差420 m左右。其南部为呈北东向展布的条带状诸市断陷槽地,沉积了厚度达1800 m的新生界,构成了良好的热储层和盖层。遂平断裂与区域性控热断裂相连接,为地热流体的运移与富集提供了良好的通道,是地热田重要的导水导热断裂。

[收稿日期] 2009-06-03

[作者简介] 吴继新(1971—),男,河南新县人,工程师,主要从事地热及水资源勘查工作。

2 地球物理特征

2.1 地震波特征

从两条时间剖面上看,从上到下可分为3个地震波组(见图2);

第一波组:反射波密集,各波同相轴相互平行,倾角很小,层间反射界面产状近于水平,反射层次较少;底界面反射波组能量很强,由2~3个相位组成,第二、三相位可全区连续追踪。将该波组解释为第四系和新近系, T_{N0} 波是新近系底界面的反射,深度为480~540 m。

第二波组:层间反射较多且能量较强,反射波密集,各波同相轴近乎平行,但有明显的倾角,产状变化较大;底界面波组由2~4个相位组成,其中2、3相位全区可连续追踪。该波组最大特点是视倾角较大,将其解释为古近系, T_{E0} 波则是古近系底界(或基岩面)的反射,深度变化较大,最浅690 m,最深1280 m。

第三波组:反射波较少且能量较弱,同相轴连续性较差,视周期较大,但波形不稳定;由2~3个连续对比的波组组成,底界面反射波的能量强,波形变化大,不稳定。将该波组解释为白垩系,受断层影响,波的连续性较差。

依据时间剖面上的反射波组特征及解释的古近系地层起伏情况,推断出一条断裂构造。可以看出,两条剖面均跨越东部沉降带的西部边缘,剖面上显示地层界面变化最大的位置,也正是杨庄—王勿桥断裂的位置(见图2)。解释认为上部的地层未错断,断层仅发生在古近系下部与基底地层中,在1线上解释了一个断层破碎带,断面东倾,倾角约79°,破碎带上窄下宽,宽度约120~150 m。2线上断层带与1线相似,破碎带也是上窄下宽,宽度约为80~150 m。

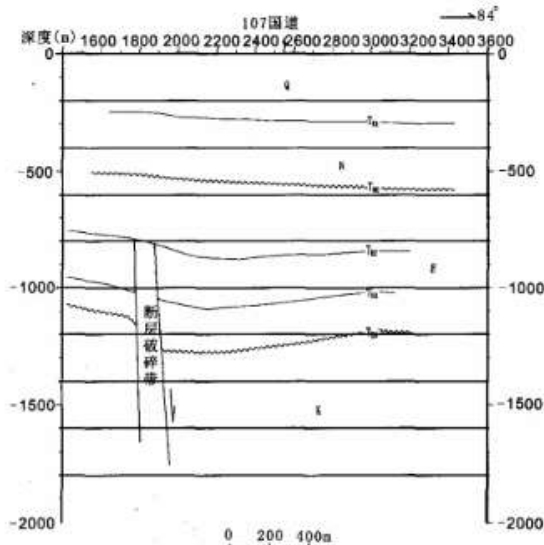


图2 地震1线解释地质剖面图

2.2 超长波曲线特征

第四系、新近系(Q+N)岩性段曲线特征:第四系和新近系曲线特征相近,在解释中合并为一个岩性段,其特征为高幅值,且变化幅度较大,曲线疏密相间,但大部分呈稀疏状,探测幅值

在84~240(μV)之间变化,平均值约170(μV)。杨庄—王勿桥断裂以西、遂平断裂以北的三角地带,新近系底板埋深112~192 m,其他区域450~610 m。

古近系(E)岩性段曲线特征:曲线幅值下降,低于新近系地层,曲线较密,且均匀平稳,一般无大的幅度变化,探测值变化范围为55~160(μV)之间,平均值约90(μV)。杨庄—王勿桥断裂以西、遂平断裂以北的三角地带,古近系底板埋深500~600 m,其他区域1490~1700 m。

白垩系(K)岩性段曲线特征:较之古近系地层,曲线幅值更低,曲线密集,且均匀平稳,变化幅度小,探测值变化范围为30~118(μV)之间,平均值约60(μV)。基底白垩系地层底板埋深均大于2000 m。

热储异常曲线特征:幅值一般大于200(μV),且变化的幅度较大,曲线上起伏变化均匀,整体形态平稳,与正常地层曲线相交处常突然大幅度上升,这一点与新生界地层的高幅值曲线形态有所不同。以此为依据解释本区热储,垂向主要分上、下两个热异常段(见图3);上段位于850~980 m,下段位于1230~1450 m。平面上分布于杨庄—王勿桥断裂、遂平断裂上盘及断裂交会处附近。

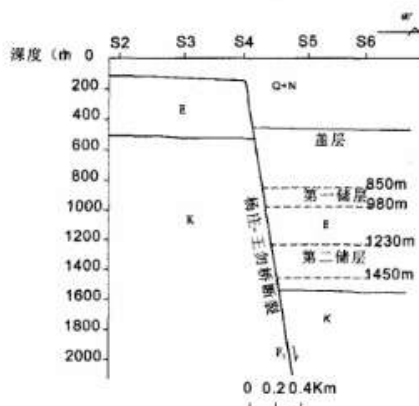


图3 热储结构示意图

断裂构造解释:根据测线上相邻测点地层岩性厚度及埋深变化,结合区域地质资料,进行综合分析推断。分析多条超长电磁波解释剖面认为杨庄—王勿桥断裂、遂平断裂均为隐伏断裂,切割白垩系(K)和古近系(E),尖灭于新近系(N)底部。杨庄—王勿桥断裂走向为北西向,倾向北东,两盘落差达1000 m(见图4);遂平断裂走向为北东向,倾向南东,断层落差420 m左右,两断层倾角均为76~80°之间。

2.3 地温场特征

(1) 浅层地温特征

浅层地温测量结果表明,地热异常与断裂关系极为密切:浅层地温变化受杨庄—王勿桥断裂的控制,靠近断裂浅层地温升高,断裂以东的沉降带高于断裂以西,虽然温差不大,但总体趋势、大体规律明显(见图4)。表明杨庄—王勿桥断裂为本区的控热断裂,它不仅控制着深部地热资源的形成和分布,同时对浅层

地温场也造成重大影响。

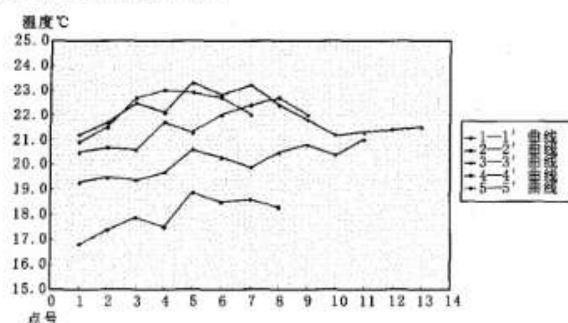


图4 浅层地温测量曲线

(2) 地温在垂向上的变化

根据勘探孔遂热1井测温曲线,不同深度段温度曲线的斜率明显不同,表明不同深度处地温梯度是有变化的。垂向上温度随着深度的增加而增高,且地温梯度也随之增大,新近系平均地温梯度为 $1.23^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,古近系上部盖层平均为 $2.03^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,古近系第一热储层平均为 $2.64^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,古近系第二热储层平均为 $3.84^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。新近系地温与地温梯度较小,说明古近系上部盖层厚度大,分布稳定,具有良好的隔热性能,使深部热量向上传导时受阻所致。古近系第二热储层平均地温梯度明显高于第一热储层,主要是因为二者之间存在厚达252m的粘土岩隔热层。

3 地球化学特征

3.1 土壤地球化学特征

据有关专家研究,土壤中许多微量元素与热水关系较为密切,尤其是具有挥发性的汞(Hg),它不仅沿着断裂带以水

热对流的方式上涌,而且在松散层中也以高于其它元素的运移速度顺着孔隙向上传递扩散,因而在各种类型的地热田上都具有高值显示的特征,是地下水良好的指示剂。图5是I~III剖面的Hg含量剖面图,可以看出,土壤中汞元素含量的分布规律与杨庄—王勿桥断裂、深部热能对流和地表地热异常显示有密切的相关关系,汞元素高值点均位于杨庄—王勿桥断裂带附近。这不仅证明了杨庄—王勿桥断裂为长期性活动断裂,沿该断裂带有深部热能对流,也说明地热异常的分布受杨庄—王勿桥断裂控制,地热异常区沿该断裂带及其以东地区分布。

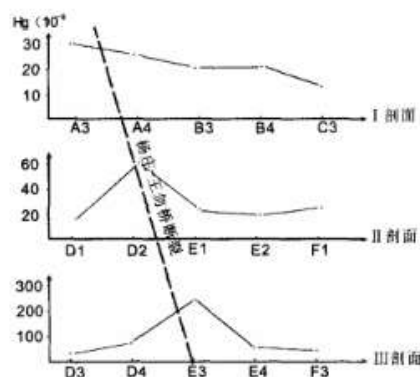


图5 土壤Hg含量剖面图

3.2 浅层地下水地球化学特征

共采集浅层地下水样23组,其中6组分布于杨庄—王勿桥断裂以西和遂平断裂以北的三角地段,17组分布在东部、南部沉降带,样品测试项目为常规全分析。按样品地域位置对测试结果进行分析对比,结果见表1。

表1 杨庄—王勿桥断裂两侧浅层地下水地球化学特征对比表

组分	杨—王断裂以西	平均值	杨—王断裂以东	平均值
K^+	0.18~3.57	0.89	0.36~10.25	6.30
Na^+	16.80~37.73	17.30	13.13~50.31	42.39
Ca^{2+}	70.14~178.40	140.15	98.60~274.10	170.27
Mg^{2+}	10.94~49.57	28.55	12.64~96.71	65.00
Cl^-	91.82~185.40	77.99	61.68~204.20	103.38
SO_4^{2-}	27.86~97.02	56.84	20.17~123.90	59.95
HCO_3^-	277.6~637.7	399.34	214.8	460.52
F^-	<0.10	<0.10	<0.10~0.2	—
可溶 SiO_2	18.3~27.3	25.93	20.2~40.15	32.65
R	286.1~871.6	521.35	327.9~959.2	688.9

一般而言,地下热水中 K^+ 、 Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 F^- 、 SiO_2 及溶解性总固体含量比常温的浅层地下水要高。由统计结果可看出,杨庄—王勿桥断裂以东浅层地下水各组分平均值分别为断裂以西各组分平均值的 K^+ 7.08倍、 Na^+ 2.45倍、 SO_4^{2-} 1.05

倍、 Cl^- 1.33倍、 F^- 大于2倍、可溶性 SiO_2 1.25倍、溶解性总固体1.32倍,即断裂以东各化学组分含量均明显高以断裂以西。表明深部地热流体已经通过断裂通道上涌,地热流体的化学组分已经影响到浅层地下水的化学组分,进一步说明了杨庄—王

勿桥断裂是区内主要的控热断裂,其破碎带及影响带是深部地热流体的良好储集空间,受其控制发展形成的东部沉降带是进行地热资源勘探与开发的首选靶区。

3.3 地热流体地球化学特征

通过对勘探孔遂热1井地热流体采样分析,常量因子中阳离子钠 955.20 mg/L、钾 9.13 mg/L、钙 91.18 mg/L、镁 9.60 mg/L、阴离子硫酸根 1840.03 mg/L、氯 217.66 mg/L、重碳酸根 189.2 mg/L、氟 7.4 mg/L,溶解性总固体 3328.9 mg/L,水化学类型为 $\text{SO}_4^{2-}-\text{Na}^+$ 型,PH 值 7.6。微量因子中偏硼酸 3.48 mg/L 达到有医疗价值浓度标准,偏硅酸 32.5 mg/L、硫化氢 1.13 mg/L 达到矿水浓度标准,氟达到医疗热矿水命名矿水浓度标准;微量元素中铯 6.0 mg/L、锂 0.66 mg/L 含量相对较高。通过对地热流体质量的评价,表明可直接用于医疗、洗浴,并且具有较高的医疗价值;用于采暖、种植、养殖等方面,各有部分指标不符合要求,需作相应处理后才可利用;不能作为生活饮用水和饮用天然矿泉水利用。

4 热储结构特征

遂平县城地热类型属沉积盆地传导型,热储类型为受活动性断裂控制的层状热储,热储结构完整,控热断裂、导热断裂、热储层、盖层齐全,热源供给以大地热流传导为主,在深部还存在沿断裂通道对流上涌的传导方式。根据钻探和多种地球物理勘探资料综合分析,遂平县城地热区古近系热储相当于豫东地区的始新统沙河街组,主要有两大热储层,盖层由第四系、新近系、古近系上段(相当于区域上的渐新统东营组)构成,分别简述如下:

热储盖层:由第四系松散层,新近系粘土岩、砂质粘土岩、各粒级砂岩、砂砾岩和古近系上段砂质粘土岩、粘土岩构成。古近系上段砂质粘土岩、粘土岩厚度大,区域上分布稳定,据勘探孔揭露,该层总厚度 287.4 m,砂岩仅有 15.6 m,其中 666.0~860.1 m 为一单层厚度 194.1 m 的砂质粘土岩;勘探孔揭露新近系埋藏深度 203.7~572.9 m,厚度 369.2 m,岩性为粘土岩、砂质粘土岩与细砂岩、中砂岩互层,底部有含砾中粗砂岩和砂砾岩;第四系松散层厚度 200 m 左右。总之,遂平县城地热区盖层分布稳定,厚度大,有利于地热资源的富集与储存。

第一热储层(次要热储层):超长波测量解译埋深 850~980 m,钻探资料该层位于 860.1~983.1 m,厚度 123 m,岩性为灰黑色粘土岩与粉砂岩和少量细砂岩互层,含大量腐殖质,具腥臭味;粉砂岩和细砂岩总厚度 32.1 m,最大单层厚度 6.3 m,砂粘比为 0.353,且以粉砂岩为主,颗粒较细,富水性一般。物探测井资料该热储层温度 47.45℃~50.7℃,平均地温梯度 2.64℃/100 m。

第二热储层(主要热储层):分布于 1230 m 至基底,超长波测量解译底板埋深 1450 m,而勘探孔 1454 m 未能揭露,该层厚度大于 220 m。本层为一套始新世早期深水湖相沉积物,岩性为

灰褐色细砂岩、粉砂岩、砂质粘土岩、粘土岩,勘探孔揭露砂岩厚度 71.2 m(其中细砂岩 49.50 m,粉砂岩 21.7 m),最大单层厚度 6.6 m,砂粘比为 0.484。由于该热储层富水岩层以颗粒相对较粗的细砂岩为主,且分选性较好,泥质含量小,富水性较好。物探测井资料该热储层温度 55.90℃~64.35℃。平均地温梯度 3.84℃/100 m。因此,该层是遂平县城地热区主要热储层。

5 结论

(1)遂平县城地热类型属沉积盆地传导型,热储类型为受活动性断裂控制的层状热储,热储结构完整,控热断裂、导热断裂、热储层、盖层齐全,热源供给以大地热流传导为主,在深部还存在沿断裂通道对流上涌的传导方式。

(2)遂平县城地热资源的形成与分布,主要受控于北西向杨庄—王勿桥断裂和北东向遂平断裂。杨庄—王勿桥断裂属区域活动性断裂,倾向北东,倾角约 79°,两盘落差 1000 m 左右,在断裂带及其附近存在明显的地球物理和地球化学异常,构成遂平县城地热田的西部边界,是地热田的主要控热断裂。遂平断裂走向北东,倾向南东,倾角大于 70°,两盘落差 420 m 左右,该断裂与区域性控热断裂相连接,为地热流体的运移与富集提供了良好的通道,是地热田重要的导水导热断裂。

(3)遂平县城地热区古近系热储相当于豫东地区的始新统沙河街组,主要有两大热储层。第一热储层(次要热储层):位于 860.1~983.1 m,厚度 123 m,岩性为灰黑色粘土岩与粉砂岩和少量细砂岩互层,颗粒较细,富水性一般,平均地温梯度 2.64℃/100 m。第二热储层(主要热储层):分布于 1230 m 至基底,厚度大于 220 m,岩性为灰褐色细砂岩、粉砂岩、砂质粘土岩、粘土岩,颗粒相对较粗,且分选性较好,泥质含量小,富水性较好,平均地温梯度 3.84℃/100 m。

(4)通过对勘探孔遂热1井地热流体采样分析,水化学类型为 $\text{SO}_4^{2-}-\text{Na}^+$ 型,PH 值 7.6;微量因子中偏硼酸 3.48 mg/L 达到有医疗价值浓度标准,偏硅酸 32.5 mg/L、硫化氢 1.13 mg/L 达到矿水浓度标准,氟 7.4 mg/L 达到医疗热矿水命名矿水浓度标准;微量元素中铯 6.0 mg/L、锂 0.66 mg/L 含量相对较高。经评价,可直接用于医疗、洗浴,并且具有较高的医疗价值;用于采暖、种植、养殖等方面,各有部分指标不符合要求,需作相应处理后才可利用;不能作为生活饮用水和饮用天然矿泉水利用。

参考文献

- [1]刘新建,等.河南省遂平县城地热资源普查报告.河南省地质矿产勘查开发局第一地质工程院.2006.3.
- [2]张琳,等.河南省遂平县城地热资源普查地震勘探结果简报.河南省地球物理工程勘察院.2005.7.
- [3]刘丰伟,等.河南省遂平县城地热资源普查超长电磁波探测报告.河南省地质矿产勘查开发局第一地质工程院.2005.7.