

# 物探方法在济南市鸭旺口 地热普查中的应用效果\*

杨海霞<sup>1</sup>, 陈长峰<sup>1</sup>, 王鲁萍<sup>2</sup>

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014)

**摘要:**物探方法在济南市鸭旺口地热普查中发挥了重要作用,取得了明显的地质效果。利用重力、磁法圈定了大张庄岩体与围岩的接触界线;利用电测深曲线和视电阻率断面图划分了地层,推断了基岩中的隐伏断裂构造;利用浅层测温确定了地热异常带。物探方法简便快捷,经济有效。

**关键词:**地热普查;物探方法;应用效果;济南市

**中图分类号:** P631; P314.1 **文献标识码:** A

济南市地处华北平原与泰山山脉的交界处,印支期岩浆侵入形成了济南辉长岩体。鸭旺口位于济南辉长岩体东北侧,断裂构造发育,并有燕山早期侵入的闪长岩体,有良好的热源,也存在良好的导热和储热条件(图1)。

山东省物化探勘查院在对济南地区以往地质、物探资料研究分析的基础上,选择鸭旺口地段 60 km<sup>2</sup> 投入重力、磁法、电阻率测深、浅层测温等物探方法,进行了地热资源的勘查。通过工作摸清了大张庄闪长岩体的分布范围;推断出 F<sub>1</sub>~F<sub>4</sub> 条规模较大的隐伏断裂;确定了 1 条走向 NNE,与 F<sub>4</sub> 断裂基本吻合的地热异常带,控制长度约 5.5 km,并进一步推断 F<sub>4</sub> 为

一赋水热储断裂;布设了一个地热验证孔位 WZK-1,孔深 800 m。WZK-1 钻孔探至 777 m,地下水呈自流状态喷出地表,水量为 1 277 m<sup>3</sup>/d,井口温度为 42℃。事实证明,应用物探方法在济南地区进行地热普查,寻找地下热水资源,效果明显。

## 1 工区地质特征及地热成因分析

### 1.1 工区地质特征

工区大部分地区被第四系覆盖,第四系之下为

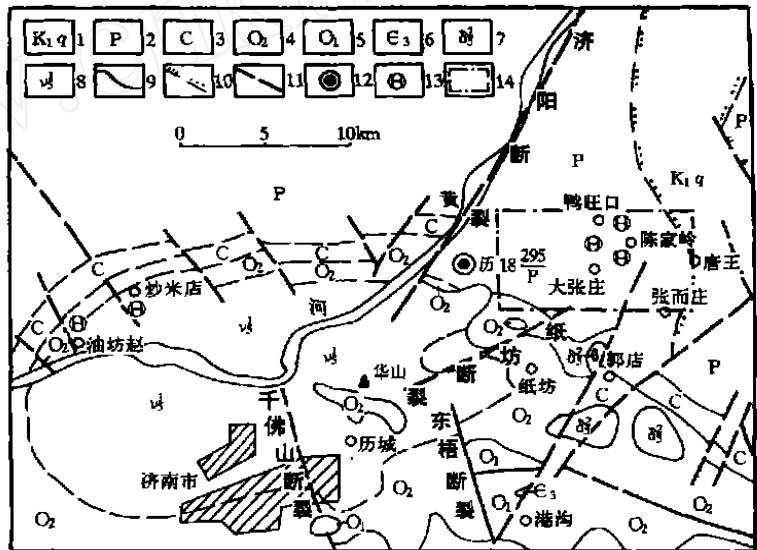


图1 济南地区基岩地质图

1—白垩系青山群;2—二迭系;3—石炭系;4—奥陶系中统;5—奥陶系下统;6—寒武系上统;7—闪长岩;8—辉长岩;9—实测及推测地质界线;10—不整合地质界线;11—断层;12—钻孔;13—已知地热显示点;14—工区范围

石炭—二叠系、大张庄闪长岩体,工区东南部张而庄附近有奥陶系灰岩出露。断裂构造以 NNE 向隐伏构造为主(图1)。

#### 1.1.1 地层

奥陶系作为围岩分布在闪长岩体边缘,其底部为黄绿色钙质、泥质页岩,中部为棕灰色致密厚层灰岩、豹皮状灰岩,上部为中厚层灰岩。石炭—二叠系

\*收稿日期:2003-03-20;修订日期:2003-06-04;编辑:王先起

作者简介:杨海霞(1956-),女,山东金乡人,工程师,主要从事物化探工作。

山东省物化探勘查院,济南鸭旺口工区地热物化探普查成果报告,1987年。

分布整个工区,在南部有零星出露,岩性为砂页岩夹薄层灰岩、泥岩、薄层煤,与下伏奥陶系呈平行不整合接触。第四系分布广泛,岩性主要为冲积砂质粘土、粘质砂土、粉细砂、砾石层等,其厚度自南向北由70 m增至130 m。

### 1.1.2 构造

受区域地质构造的控制及济南辉长岩体等侵入作用的影响,形成了以NNE向断裂为主的组合系统,工区及附近的主干断裂有济阳断裂、纸坊断裂、港沟断裂,走向NE(25°~50°),倾向SE或NW。

### 1.1.3 岩浆岩

工区靠近济南辉长岩岩体,工区中部有燕山早期侵入的闪长岩岩体。闪长岩由南向北埋深增大,岩体厚度达2 000 m。

## 1.2 水文地质特征

本区地下水受地貌、岩性、构造、气候等条件的影响。其补给、径流、排泄、埋藏分布自南向北均表现出单斜自流构造和山前倾斜平原及冲积平原所具有的变化特征,构成了完整的水文地质单元。工区内主要发育第四系孔隙水和裂隙喀斯特水。

1.2.1 第四系孔隙水分布整个工区,水量丰富,是农业、民用的理想水源,含水层主要为砂、砾石层;孔隙水补给来源主要靠大气降水。

1.2.2 裂隙喀斯特水主要存在于喀斯特裂隙发育的奥陶系灰岩中,埋藏较深。因其盖层二叠系砂页岩、第四系粘性土连续分布、较为稳定,是较好的隔热隔水层,从而使深层地下水具有承压性。

## 1.3 地热成因分析

济南地热成因类型属中生代岩浆热源型。中生代形成了辉长岩、闪长岩岩体,明显的构造运动和岩浆活动使地幔深处的强大热能通过岩浆侵入给地壳上部带来了巨大的热量,在岩体周围形成地热异常区。工区内大张庄岩体北半部被第四系、二叠系厚层覆盖,存在封闭较好深藏的含水层,具备形成地下热水资源的条件;岩体南侧基岩裸露,存在渗透能力强、与地表连通性好的地层,热量大量散失,无法形成地下热水资源。通过对现有深钻孔资料的调查也证明了这一点。因此圈定大张庄闪长岩体与北侧围岩的接触界线、推断储水与导水地层、寻找第四系下伏围岩中的断裂构造、测量近地表土壤中的地温异常,将是布设开采井孔的重要步骤,也是开发济南

地热资源的关键环节<sup>[1]</sup>。

## 2 物探方法应用及效果

### 2.1 工区地球物理特征

根据实测的物性参数,结合前人的测量成果,将几种主要岩性的物性参数统计结果列表1。

表1 工区内部分岩性物性参数统计

岩性	电阻率 ( $\Omega \cdot m$ )	磁化率 ( $10^{-6} CGSM$ )	密度( $g/cm^3$ )
粘土、粉砂	2.5~30	0	1.47
页岩	20~35	0	2.5
灰岩	$170 \times 10^2$	0	2.70
闪长岩	$372 \times 10$	$175 \times 10$	2.83
构造角砾岩	$145 \times 10$	$125 \times 10$	2.68

从表1可以看出,第四系地层各岩性电阻率、密度值都较低,无磁性;灰岩电阻率最高,密度中等,无磁性;闪长岩磁化率、密度均比较高,电阻率中等。工区内几种主要岩性物性参数的明显差异是利用重、磁、电诸物探方法圈定闪长岩分布范围、划分地层、寻找断裂构造的良好地球物理前提。

### 2.2 物探方法应用

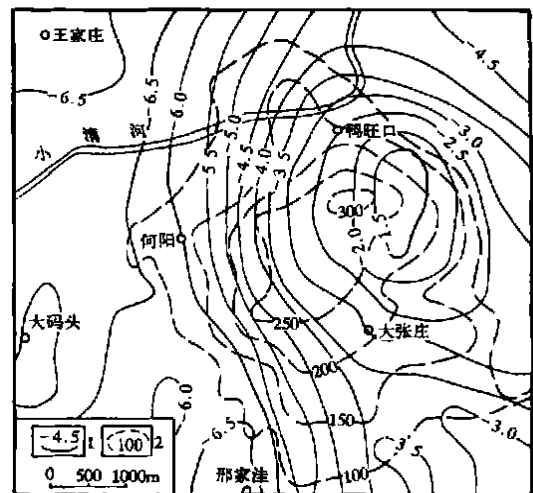


图2 济南鸭旺口工区重力、磁法平面等值线图

1—重力布伽异常等值线;2—磁法 Z 等值线

#### 2.2.1 利用重力、磁法圈定闪长岩岩体

图2是鸭旺口工区重力、磁法平面等值线图的一部分。从图上可以看出:重力布格异常呈椭圆形,

山东省地矿局第一水文地质队,山东省地热资源初步研究,1981年。

等值线西密东疏,背景值一般在 - 6.5 mgI,异常中心表现重力高为 - 1.5 mgI,异常值达 5 mgI;磁异常近似圆形,等值线北密南疏,背景值一般小于 100 ,异常中心为高磁场 300 ,相对磁异常达 200 ;重、磁异常的范围、形状基本吻合。由于磁场受岩体中各种不均匀物质的影响较大,磁异常轴向不明显,因此重力场反映岩体的空间分布比较客观。以重力等值线 - 6 mgI 所圈定的范围基本反映了大张庄岩体的边界,控制面积越 30 km<sup>2</sup>。岩体西北端较陡,向东南倾伏。

### 2.2.2 用电测深法划分地层推断基岩断裂破碎带

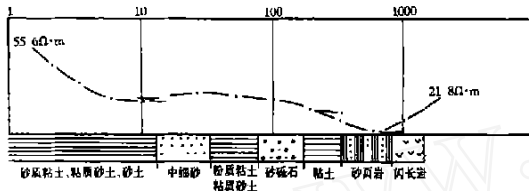


图3 孔旁电阻率测深曲线

图3是一实测孔旁电测深曲线,曲线类型与各地层电性特征相对应,明显地反映出基底的埋深。根据工区内电测深曲线类型特征,结合物性参数和钻孔资料,从已知向未知解释,效果更加突出。对工区第四系覆盖厚度和基底埋深正是按照这一思路进行的推断解释,并勾绘了视电阻率等值线图。

图4是鸭旺口工区725线综合断面图。从a断面图可知,AB/2距达2000m,在4350/725点附近,浅部地层视电阻率比较低,深部与两侧相比视电阻率也明显偏低,等值线发生畸变,出现明显的“V”字形。在4650/725点附近,等值线同样出现“V”字形。在(4500—4600)/725段视电阻率变化不大,等值线呈水平状态。由a断面等值线的变化特征推断在4420/725和4650/725两点处存在断裂构造,分别为F<sub>4</sub>和F<sub>2</sub>。F<sub>4</sub>断裂破碎、规模较大、范围较宽,走向NE 30°,倾向NW,倾角约70°,沿走向控制长约6km。F<sub>4</sub>南西段处在岩体边缘,北东段延伸至岩体内部;F<sub>2</sub>断裂规模较小,处在岩体内部。相比之下:F<sub>4</sub>储水导水条件更为有利。

### 2.2.3 利用地温测量圈定地热异常

图5是鸭旺口工区735线综合剖面图,在F<sub>4</sub>断裂的上方出现明显的地温异常,1m深度地温背景约10.5,最高值达13.8;5m深度地温背景约

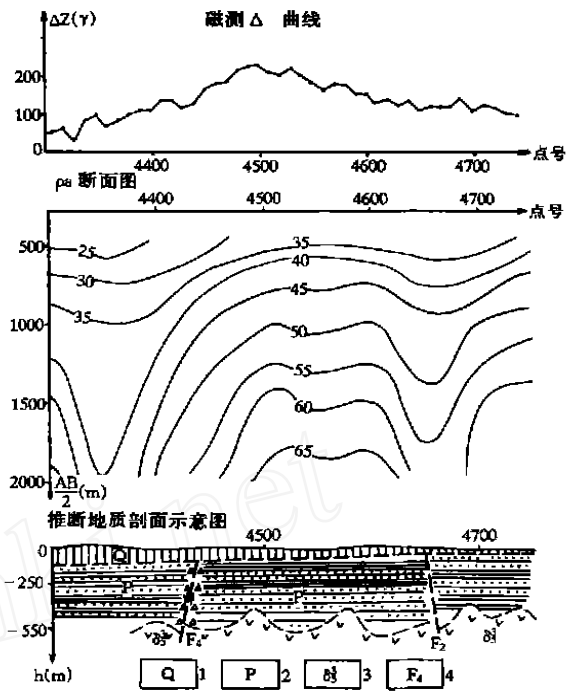


图4 鸭旺口工区地热物探普查725线综合剖面图  
1—第四系;2—二迭系;3—闪长岩;4—推测断层

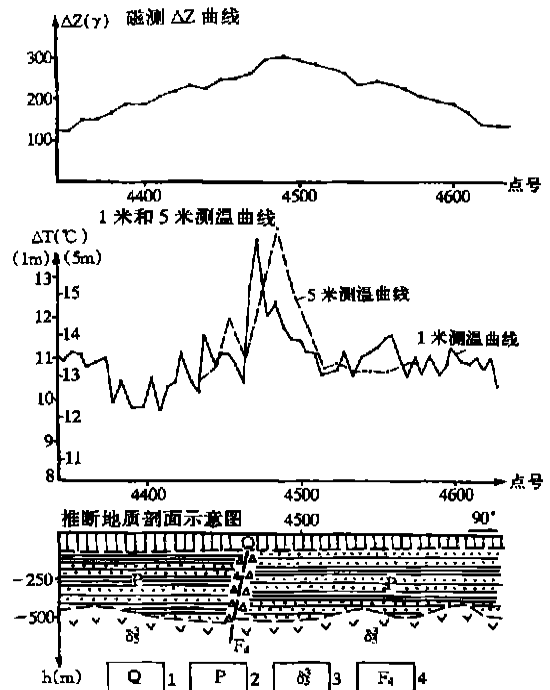


图5 鸭旺口工区地热物探普查735线综合剖面图  
1—第四系;2—二迭系;3—闪长岩;4—推测断层

13.2,最高值达16.6,虽然1m和5m测温在不同时期进行,但各自的相对异常值均达3.3,并且地温异常非单点异常,有一定宽度,两个深度的异常

范围基本吻合,说明了异常的可靠程度。从地温异常的宽度和幅度判断, $F_4$ 断裂为深部地热向地表运移提供了较好的通道。

图6是鸭旺口工区1米测温等值线平面图的一部分,从图上可以看出,地温等值线呈带状展布,异常明显,连续性好,与 $F_4$ 断裂的分布基本吻合。

### 2.3 验证结果

根据对济南地区地热成因的认识,结合实测的各种物探资料综合分析研究,认为在济南鸭旺口推断的 $F_4$ 断裂带布设验证孔位,无论是热源、盖层、储热储水构造,还是异常显示、地理环境、埋藏深度等条件,都是十分理想的。

选择WZK-1作为验证孔位(图6)。钻探结果是0~86.50m为第四系,至624.40m为二叠系、石炭系,至743.22m为奥陶系,至792.78m终孔为闪长岩。在624.40~743.22m石灰岩、大理岩、砂卡岩、磁铁矿及闪长岩交互出现,说明该位置既是岩体与围岩的接触带,又具备较好的含水条件。经综合测井,在310m以上地温梯度为 $3.17/100\text{m}$ ,符合正常地热增温率( $3.0/100\text{m}$ ),310~610m地温梯度为 $3.77/100\text{m}$ ,地温梯度深层比浅层大,说明深部有热源。把上部水温低、水量大的部位封堵后,井口水温达 $42^\circ\text{C}$ ,水量为 $1277\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 3 结论

通过济南市鸭旺口地区地热普查实践,证明物

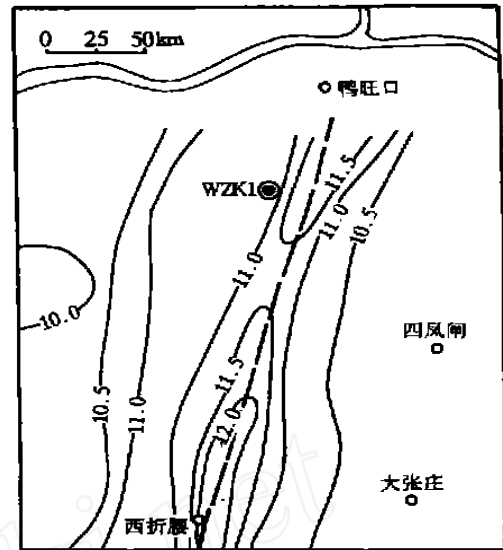


图6 鸭旺口工区地热物探普查  
1米测温平面等值线图

探方法具有良好的地质效果。无论是圈定岩体、划分地层、推断断裂构造,还是寻找地温异常,物探资料均反映直观、异常清晰。经验证:结果准确可靠。在不同地区可根据不同的地热成因类型、不同的地质条件、不同的探测目的,选择相应的物探方法。物探无疑是一种快速、经济的探测手段,在今后地热资源普查中能达到事半功倍的地质效果。

### 参考文献:

- [1] 庞绪贵.应用物化探开展地热普查[J].山东地质,1990,6(2): 112-117.

## Application Effect of Geophysical Method in Geothermal Survey in Ya wangkou Area , Jinan City

YANG Hai - xia<sup>1</sup>, CHEN Chang - feng<sup>1</sup>, WANG Lu - ping<sup>2</sup>

(1. Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Geophysical method played a great role in geothermal survey of Yawangkou area, and has gained an evident effect. Using gravity and magnetic method, contacting boundary between Zhangjiazhuang rocks and country rocks are circled; using electrical sounding curve and apparent resistivity profile, strata are circled, and covering fault structure in basic rocks are inferred; using shallow temperature probe, geothermal anomaly belts are determined. Geophysical method is easy, rapid and effective.

**Key words:** Geothermal survey; geophysical method; application effect; Jinan city