

EH - 4 大地电磁测量仪在山东泰安 徂徕地热田勘察中的应用

王福花, 孙文广, 朱国庆, 彭文泉

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要: EH - 4 大地电磁测量仪是近几年引进的美国 Stratagem 大地电磁测量系统。该系统设计了特殊的人工电磁波发射源, 提高了 700 m 深度范围的勘探效果, 同时又避免了地形地物对物探勘察的工作布置限制。大地电磁测深反演电阻率断面较清晰地反映了地热田含水导热断裂构造的地热地质特征, 是基岩构造裂隙带状热储类型的有效勘探方法。

关键词: 地热; 勘察; 电磁测量; 泰安徂徕

中图分类号: P631. 3⁺. 25; P314. 1

文献标识码: A

0 引言

目前, 地热资源的开发利用主要是通过开采地下热水的形式来实现的。由于地下热水具有低电阻率特征, 所以进行地热勘察时, 大多采用直流电阻率法进行(联合剖面法和电测深法)。但采用直流电法主要存在以下 2 方面的问题: 受现场地形、地物的影响较大, 有时难以开展工作; 电测深法的勘探工作量大, 工作效率较低。联合剖面法仅能获得异常体的平面位置信息, 而对勘探剖面的电阻率断面特征难以作出较全面的评价。

徂徕地热田周围鱼塘、房屋分布复杂, 采用传统的直流电阻率法难以展开, 因此, 应用大地电磁测深法寻找赋水构造则更为有利。在泰安徂徕地热田勘察中, 在采用传统直流电法的基础上, 又增加了 EH - 4 大地电磁测量方法。

EH - 4 大地电磁测量系统是利用大地电磁测量原理, 0.1 ~ 500 Hz 采用天然电磁场源, 500 ~ 100 Hz 设计了特殊的人工电磁波发射源, 200 Hz 专门用来弥补这一频段范围的天然电磁场的信号微弱区和人工电磁干扰谐波, 大大提高了 200 ~ 700 m 深度范围内的勘探效果。该系统现场勘探时受地形、地物的影响小, 工作效率高, 完成一个勘探深度 700 m 的

测深点仅需 20 min。通过专门的数据处理软件可获得勘探剖面的反演真电阻率断面图, 从而可对剖面的电阻率断面特征作出较为全面的评价, 由此对构造断裂带的发育规模和含水性作出评价, 为布设地热钻孔提供依据^[1]。

1 地热田分布范围及地热地质特征

1.1 徂徕地热田分布范围

徂徕地热田地处泰安市岱岳区徂徕镇桥沟村西北侧, 位于泰安城区东南 12.5 km 处, 构造裂隙带状热储面积为 0.09 km², 上覆第四系散热层面积为 0.18 km² (图 1)。

1.2 地热田地热地质特征

徂徕地热田第四系主要由沂河组和泰安组组成, 厚 3.5 ~ 8.7 m, 第四系以下为新太古代泰山岩群花岗闪长岩。区内构造以 NNW 向和 NEE 向断裂构造为主, NNW 向主要有滂河、岱道庵断裂, NEE 向的主为徂徕山断裂 (图 1)。

地热分布区热储为受断裂构造控制的基岩构造裂隙带状热储, 其热储概念模型为: 中生代以来断裂岩浆的频繁活动形成地热田热源。大气降水沿断裂带或岩层裂隙向深部运移, 经深循环对流和热传

* 收稿日期: 2007 - 06 - 06; 修订日期: 2007 - 07 - 24; 编辑: 孟舞平

作者简介: 王福花 (1971 -), 女, 山东滨州人, 工程师, 主要从事水工环地质工作。

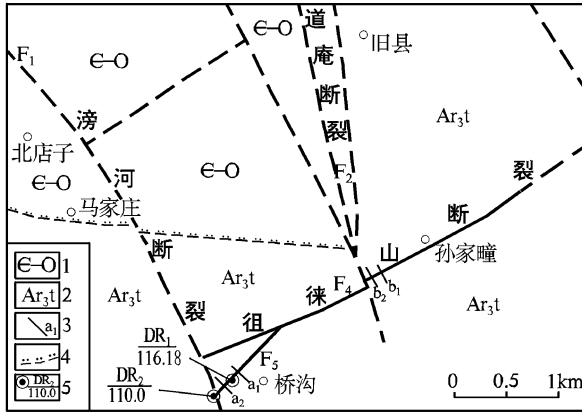


图 1 泰安徂徕地热田地质图

1—寒武—奥陶系；2—泰山岩群；3—EH-4大地电磁勘探线位置及编号；4—推测不整合地质界线；5—钻孔编号及孔深

导作用形成地热水。区内热储层以花岗闪长岩为主,该热储顶界埋深为 25 m,底界埋深视断裂构造的发育情况而定。该区第四系砂砾层及粘质砂土是基岩构造裂隙水的保温盖层。区内 NEE 向 F_4 断裂是主要控热构造,NE 向的 F_5 断裂为主要导水导热通道。

1.3 地热田地球物理特征

电阻率的高低与地下热水有着密切的关系,通常地下热水随温度升高,电阻率会明显降低,这是因为温度增加,溶液粘滞性减少,离子活动性增加。由现场电阻率实测资料得知,区内第四系中粗砂孔隙散热层电阻率变化较大,地下水位以上高达 150 $\cdot m$,地下水位以下一般为 20 ~ 30 $\cdot m$ 。断裂构造带状热储层为花岗闪长岩,热储层充水后电阻率较低,一般为 30 ~ 100 $\cdot m$,完整的花岗闪长岩电阻率一般为 500 $\cdot m$,而当岩石风化或裂隙发育并含一定量水时,电阻率会明显降低,地下热水电阻率通常小于 10 $\cdot m$,地下凉水电阻率一般大于 20 $\cdot m$ 。

2 EH-4 大地电磁测深在泰安徂徕地热田勘探中的应用

徂徕地热田采用 EH-4 大地电磁测深法做了大量的勘探工作,在桥沟甲鱼厂块段共施工测线 8 条,在渔场块段共施工测线 5 条,在孙家疃西南施工测线 2 条。控制了 NNE 向徂徕山断裂 F_4 ,NW 向断裂 F_1 及新发现的 NE 向断裂 F_5 ,其中 F_5 断裂是该次勘探的主要导热构造之一。

图 2 为孙家疃西南 b_1 测线典型 EH-4 大地电磁测深反演电阻率断面图。在孙家疃西南布设这 2 条剖面的目的是寻找控制 NEE 向主断裂。2 条电阻率剖面均清楚显示了断裂的存在。由图 2 所显示的地电特征,推断为 NEE 主断裂,落差大 (大于 100 m),倾角在 65 ~ 75 之间。但断层带附近电阻率较高,断裂破碎带较窄,富水性较弱。

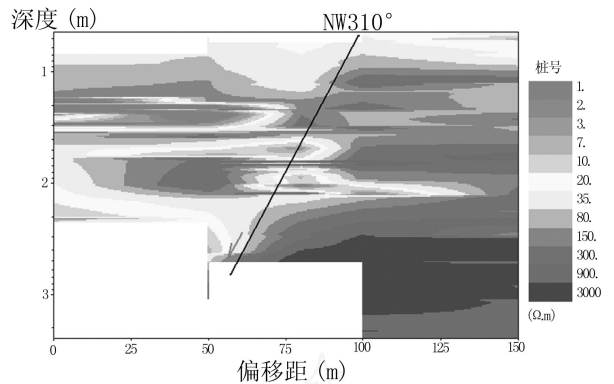


图 2 孙家疃 b_1 测线电阻率断面示意图

图 3 为甲鱼厂块段 a_1 和 a_2 测线控制 F_5 断裂的 2 条典型 EH-4 大地电磁测深反演电阻率断面图,2 条剖面相互平行,相距 80 m。可以清楚地看出, a_1 测线在 $x = 10 \sim 12$ 桩号区段内由浅至深有一明显的陡立条带状低电阻率异常区,部分区域电阻率小于 10 $\cdot m$,这是较典型的含水断裂破碎带异常特征。分析断面图电阻率变化特征,可以推断出 F_5 断裂带位于剖面的 100 ~ 120 m 范围内,破碎带宽度约 10 m,倾角大于 80 $^\circ$ 。由图 3 a_1 还可看出 75 m 深度以上基岩岩层电阻率大部分区域小于 400 $\cdot m$,且越靠近断层破碎带电阻率越低,而 75 m 深度以下岩层除断裂破碎带局部区域电阻率较低外,大部分区域电阻率大于 700 $\cdot m$,这表明深度 75 m 以上岩层裂隙比较发育,具有一定的含水性,75 m 以下岩层裂隙发育程度降低,含水性逐渐减弱。上述电性特征表明,在 F_5 断裂及其附近区域大气降水沿断裂构造破碎带向深部补给,经深部循环对流和传导加热作用后形成较丰富的地下热水。

图 3 所示测线 a_2 与测线 a_1 的电阻率断面特征相比, F_5 断裂破碎带在 60 m 以上无明显的低阻异常特征 (电阻率一般大于 150 $\cdot m$),但在 $x = 10 \sim 16$ 桩号段,深度 60 ~ 80 m 范围内有断裂破碎带特征,由此推测测线 a_2 区域 F_5 断裂破碎带发育较弱,

含水量较小且水温相对较低。

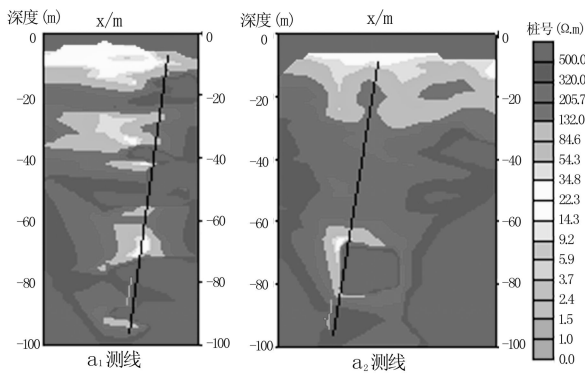


图 3 甲鱼厂勘探区大地电磁测深电阻率断面图

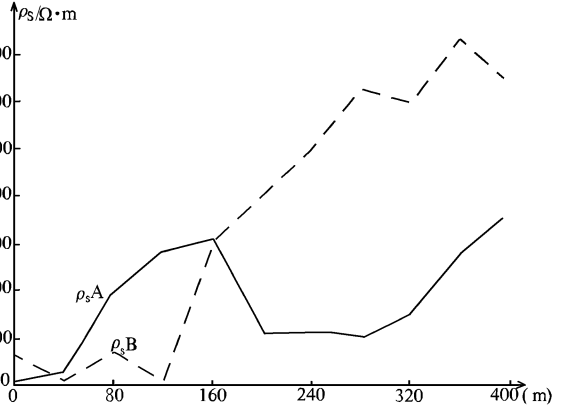


图 4 a₁ 测线联剖 ρ_s 曲线观测结果

为了保证勘探的精确度,在测线 a₁ 处拆除部分建筑物又布置了 1 条电阻率联合剖面测线,在 F₅ 断裂位置出现了明显的正交点低阻异常 (图 4)。

根据对 F₅ 断裂的 EH - 4 物探结果,在测线 a₁ 的 10 桩号 100 m 处和测线 a₂ 的 10 ~ 11 桩号之间 105 m 处分别施工了 2 个钻孔 DR₁ 和 DR₂。DR₁ 探采结合大口径 (273mm) 钻孔深 116.18 m, 水位最大降深 8.42 m, 涌水量 40m³/h, 出水口水温 37 ; DR₂ 小口径 (73 mm) 钻孔深 110 m, 水位最大降深 0.47 m, 涌水量 4.5m³/h, 出水口水温 28.8 。 钻探结果与 EH - 4 大地电磁测深结果相吻合。

3 结论

EH - 4 大地电磁测量系统采用了人工电磁场源, 弥补高频段范围的天然电磁场的信号微弱区和电磁干扰谐波, 大大提高了 200 m 深度范围的勘探效果, 同时又避免了地形、地物对物探勘察的工作布置限制。实际勘探成果表明, 大地电磁测深反演电阻率断面较清晰地反映了地热田导水导热断裂构造的地热地质特征。大地电磁测深法是基岩构造裂隙带状热储类型的有效勘探方法。

参考文献:

[1] 于师建, 王玉和. 双源大地电磁测深及其应用 [J]. 煤炭科学技术, 2003, (11): 5 - 7.

Application of EH - 4 Electromagnetic Measuring Apparatus in Exploration of Cula i Geothermal Field in Tai'an of Shandong Province

WANG Fu - hua, SUN Wen - guang, ZHU Guo - qing, PENG Wen - quan

(No. 1 Exploratio Insitute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: EH - 4 electromagnetic measuring apparatus is an electromagnetic system imported from America. In this system, special artificial electromagnetic wave emission source is designed in this system, which promoted exploration effect in the depth scope of 700m, and avoided arrangement limitation of surface and landscape to physical exploration. Conversion electrical resistivity profiles reflects geothermal geological characteristics of transmitting water and heat in geothermal field. It is effective method for exploring structural crack belt type heat reserve in basic rocks.

Key words: EH - 4 electromagnetic measuring; application; Cula i geothermal field in Tai'an city