

技术方法

音频大地电磁测量法(AMT)在莒县地区 地热勘查中的应用

陈大磊¹,于嘉宾¹,王阳¹,张超²,杨本固³

(1.山东省物化探勘查院,山东 济南 250013; 2.神华宁夏煤业集团工程公司,宁夏 银川 750021; 3.山东省第八地质矿产勘查院,山东 日照 276800)

摘要:利用音频大地电磁测量(AMT)法在莒县东部沐东新区进行地热资源勘查,通过前期实地踏勘和对采集的数据经过各项处理后进行反演,结合地热资源赋存有关的水文地质条件,对反演图件进行推断解释,查明了区内主要断裂构造位置、产状、规模及地下热储层深度,取得了较好的应用效果。

关键词:音频大地电磁测量(AMT);地热资源勘查;莒县

中图分类号:P631.325;P314.1 **文献标识码:**B

引文格式:陈大磊,于嘉宾,王阳,等.音频大地电磁测量法(AMT)在莒县地区地热勘查中的应用[J].山东国土资源,2016,32(12):58-61.CHEN Dalei, YU Jiabin, WANG Yang, etc. Application of Audio Magnetotelluric Method (AMT) in Geothermal Exploration in Juxian County[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(12): 58-61.

0 引言

研究区位于莒县东部沐东新区内,该区 NE, NW 向构造发育,在店子集镇附近相交,地热成矿地质条件较好。应用地球物理方法的主要作用是圈定含水破碎带和热储水层的区域分布,是勘查地热空白区的有效手段^[1]。

近年来电磁法作为一种主要的物探方法成功用于地热勘查研究中^[2-3]。前期山东地矿八院在五莲县管帅初级中学北,北店村西,利用电磁法在靠近昌邑一大店断裂东侧与北西向断裂交汇部位成功施工一眼高产地热井^[4],井深 1516 m,水温 56℃,涌水量为 3 023.6 m³/d。其地质背景和该次工作区极为相似,这为在该工作区内进行地热勘查提供了较为有利的依据。

该次工作利用音频大地电磁测量(AMT)进行深部地热资源勘查工作,通过前期实地踏勘及利用有关软件对野外数据进行处理,明确查明了地层结构,确定了断裂位置、产状、规模及地下热储层深度,取得了较好的应用效果。

1 勘查区地质概况

勘查区位于沐河东部,周围出露地层主要有太古代沂水岩群林家官庄组,古元古代粉子山群张格庄组、中生代莱阳群龙旺庄组、马连坡组,青山群八亩地组、方戈庄组,大盛群小店组、大土岭组、田家楼组,王氏群辛格庄组、红土崖组,新生代第四纪黑土湖组、临沂组、沂河组(图 1)。

2 音频大地电磁测量(AMT)原理及野外工作布置

2.1 音频大地电磁测量(AMT)原理

音频大地电磁法(AMT),是利用天然音频大地电磁场作为场源,观测电场和磁场分量属于被动源电磁法。音频大地电磁法观测的基本参数,是相互正交的电场分量(E_x, E_y)和磁场分量(H_x, H_y),通过式(1)和式(2),即可计算出相应频率所对应的该测点下随深度变化的电阻率估计值,进而达到测定地下各层电阻率的目的。

$$\rho_{xy} = \frac{1}{5f} \left[\frac{E_x}{H_y} \right]^2 \quad (1)$$

收稿日期:2016-04-26;修订日期:2016-05-11;编辑:陶卫卫

作者简介:陈大磊(1988—),男,山东潍坊人,助理工程师,主要从事地质矿产勘查工作;E-mail:cdl2602080210@sina.com

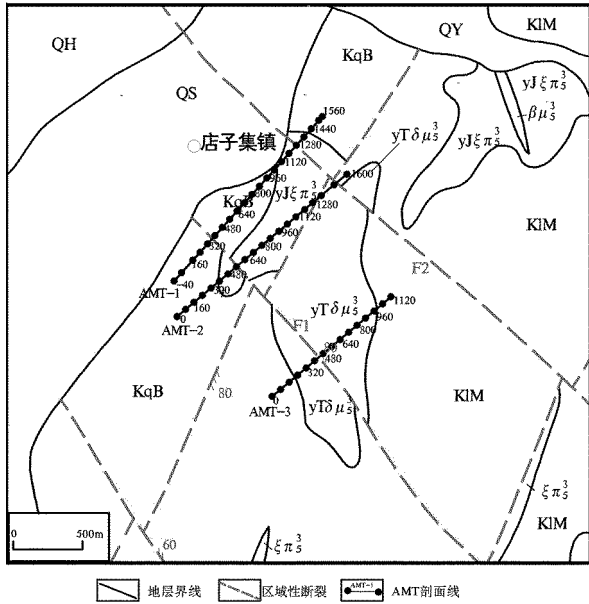


图 1 勘查区地质图(含工作布置)

$$\rho_{yx} = \frac{1}{5f} \left[\frac{E_y}{H_x} \right]^2 \quad (2)$$

式中： f 为频率(Hz)； ρ 是电阻率(m)； E 是电场强度(mV/km)； H 是磁场强度(nT)。必须指出的是，此时的 E 与 H ，应理解为一次场和感应场的空间矢量叠加后的综合场，简称总场。在电磁理论中，把电磁场(E, H) 在大地中传播时，其振幅衰减到初始值 $1/e$ 时的深度，定义为穿透深度或趋肤深度(δ)：

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \text{ (m)} \quad (3)$$

由式(3)可知，趋肤深度(δ) 随频率的降低而增大。根据趋肤效应，大地电磁场的变化周期越长，电磁场能量在传播过程中损耗越小，因而穿透得越深^[5]。

2.2 野外工作布置

该次野外工作布设 3 条 AMT 剖面，AMT 的野外工作包括选点、布极、观测等内容。一切无线电波、工业游散电流等都被视为干扰。在工业发达的地区干扰现象往往特别严重，加之大地电磁场非常微弱，所以严格执行操作规程，有效地避免或抑制干扰、提高原始数据质量对音频大地电磁测深尤为重要。该次野外数据采集所用仪器为加拿大凤凰公司生产的 V8 电法工作站(多功能电法仪)。野外布极装置示意图如图 2 所示。

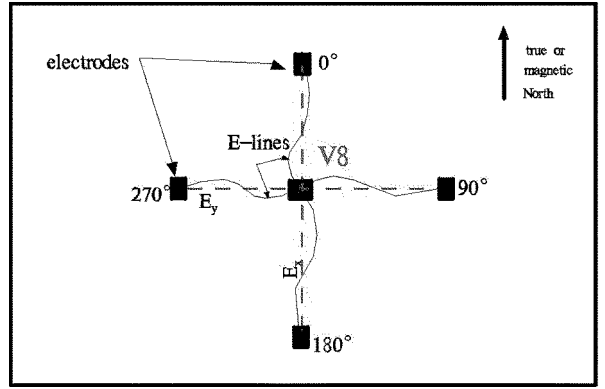


图 2 AMT 野外布极装置示意图

3 资料解释

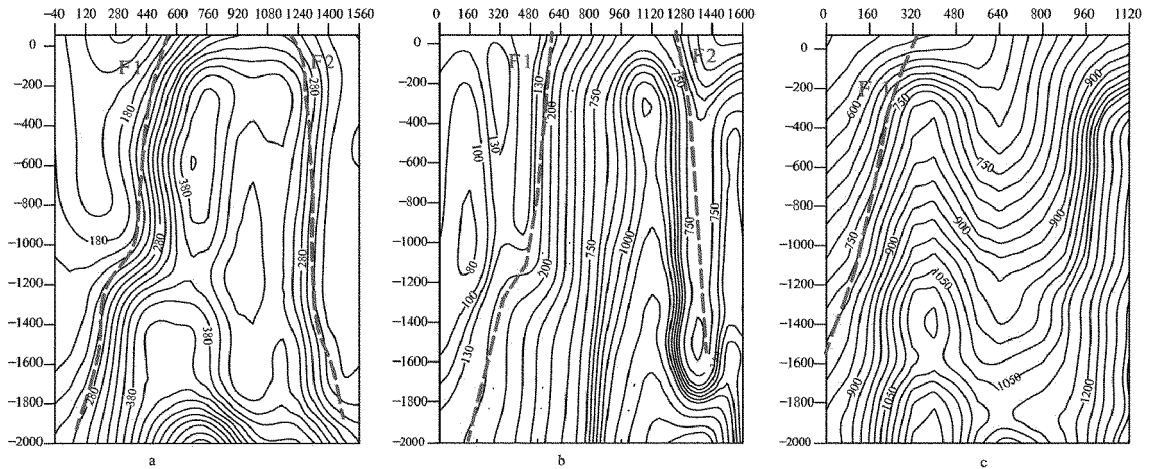
该区物探工作的主要目的是，查明区内 NW 向展布的主要断裂 F_1 的实地展布位置、走向及产状，研究其深部发育情况。按水文地质的要求，垂直断裂带走向布设了 AMT 物探剖面 3 条。

从 AMT 视电阻率断面图(图 3)可以看出，3 条剖面整体电性特征变化大，各电性层界面反映明显。从纵向电性特征分析，电阻率自上而下逐渐增大。从横向电性特征分析，AMT-1 剖面，横向上以 520 点为岩性界面，以北为高阻地质体，以南为低阻地质体，高阻岩体从下而上，上侵入低阻岩体中，在 2 种不同电性层的接触面附近存在一明显的低阻“U”字形异常，其异常特征为典型的断层特征^[6]，推断断层为 F_1 ，其高阻岩体对应为燕山期正长斑岩，低阻岩体对应为白垩纪八亩地组安山角砾岩。在该剖面北部 1160 点附近，也存在一低阻“U”字形异常，推断断层为 F_2 。AMT-2 剖面整体电性特征与 AMT-1 剖面基本一致，各电性层界面反映明显，断层特征及倾向与 AMT-1 剖面基本一致。按照 AMT-1 剖面的分析原则推断，低阻电性层对应为白垩纪八亩地组安山角砾岩，高阻电性层对应为燕山晚期正长斑岩；该剖面整体电阻率较 AMT-1 剖面偏高，分析认为，与 2 条剖面所处的地理环境有关，AMT-1 剖面位于该勘查区多条次级小断裂带的影响范围之内，因此其电阻率偏低^[7]。

从 AMT-3 剖面视电阻率断面等值线图知，以 320 号测点为界，以北为高阻地质体，以南为低阻地质体，出现一明显的高低阻岩性界面，从异常特征反映，为典型的断层反映。断层上盘为低阻电性层，断层下盘为相对高阻电性层，上盘下盘电性差异明显，

推断为 2 种不同岩性所致。该断层地表位于 320 测

点附近,该断裂与 AMT-1,AMT-2 的 F_1 吻合。



a—AMT-1 视电阻率断面图;b—AMT-2 视电阻率断面图;c—AMT-3 视电阻率断面图

图 3 AMT 视电阻率断面图

4 综合推断

热源、热储、地下水是地热成矿的三大必备前提。由区内的地热地质特征知,构造条件是该区热矿成因的主导因素^[8]。

(1)该勘查区位于昌邑-大店断裂以西,区内地层主要以白垩纪青山群八亩地组角砾岩为主,上覆第四纪砂及砂质粘土。

(2)通过勘探查明了该区段内 F_1 断裂走向 NW,倾向 SW。该构造特征为张扭性,富水性及导水性较好。该区次级小断裂发育良好,与 F_1 断裂交会。

(3)昌邑-大店断裂从勘查区东侧穿过,该断裂为一复活构造。由于该断裂深切上地幔,故极易形成独具特色的高热流值带。昌邑-大店断裂引起的岩浆活动较为频繁,同时也说明了断裂构造活动较为强烈。这种深部岩浆余热和新构造运动热能沿岩体接触带和深大断裂带的上升,大大增加了形成该区地热异常的可能性。深大断裂是区内热量的主要来源。

(4)勘查区位于沭河流域中下游,地势平缓,松散岩类孔隙水分布于河谷及山前平原地带,区内断裂构造较发育,经过多期构造变动和多期岩浆活动,在断裂构造交会部位,岩石破碎,含水断层储水和导水性能增加,水力联系密切,水动力交替活动增强,地下水富集^[9-12]。

勘查区内断裂构造发育,NW 向断裂为昌邑-大

店断裂的次级断裂,其中 F_1 断裂构造性质以张性、张扭性为主。NW 向断裂和 NE 向断裂,相互切割并发生错位。说明区内地质构造活动的强烈性和复杂性。其交会、复合等薄弱部位,形成了良好的导水导热空间,为地下热水的储集及上侵涌溢提供了良好地质条件,为次勘探范围内地热成矿最为有利地段。

5 结论

通过分析, F_1 断层上盘为中生代白垩纪安山角砾岩,下盘为燕山晚期正长斑岩; F_2 断层无明显断距,两侧岩性相同,发育于岩体中。勘查区内地热地质条件较好,地下水补给充足。在 AMT-2 剖面, F_1 断裂上盘为地下水富集的有利地段,具备良好的热水成井条件。综上所述,认为 AMT-2 剖面 200 点~400 点之间为地热成井有利地段。

通过分析认为在该区选择的物探方法是正确、有效的,利用音频大地电磁测深(AMT)查明区内断裂构造的分布及产状,圈定地热成矿有利靶区。根据后期工程证明,利用地球物理方法进行前期地热资源调查是十分必要的。但是,引起地下电阻率变化的因素很多,利用音频大地电磁测深法勘查地热资源,需要结合已知地质、地球物理特征和其他有关资料进行综合研究,才能做出合理的地质解释。综合分析认为,音频大地电磁测深(AMT)物探方法在该区寻找地热资源是有效可行的。

参考文献:

- [1] 徐光辉,余钦范,袁学诚,等.深部地热勘查方法在北京地区应用的探讨[J].物探与化探,2007,31(1):9-13.
- [2] 武斌,曹俊兴,邹俊,等.音频大地电磁测深法在康定小热水地热勘查研究中应用[J].物探化探计算技术,2011,33(5):507-510.
- [3] 余年,庞方.音频大地电磁测深法在地热勘查中的应用研究[J].水文地质工程地质,2010,37(3):135-138.
- [4] 白平,杨崇敬.日照市管帅地区地热资源特征分析[J].山东国土资源,2014,30(6):35-40.
- [5] 张启生.音频大地电磁法原理及数据处理[J].内蒙古石油化工,2010,(19):26-28.
- [6] 苗景春,阮帅,张悦,等.音频大地电磁测深法对正、逆断层的精细解释[J].物探与化探,2013,37(4):681-686.
- [7] 王刚,王书民,朱威,等. AMT 近源干扰压制方法[J].物探与化探,2015,39(2):371-375.
- [8] 程秀明.地热形成条件探索与找热方法研究[J].山东国土资源,2013,29(9):31-33.
- [9] 张立恩,陈少峰,姜继莲,等.MT法在地热勘探中的应用[J].石油地球物理勘探,2004,39(增):66-70.
- [10] 李朝林,裴忠,金秀芹,等.大地电磁测深应用于地热勘探[J].中国煤炭地质,2008,20(9):68-71.
- [11] 李华强.大地电磁测深在地热资源勘查中的应用研究[J].勘察科学技术,2013,(6):61-64.
- [12] 张利民,王志荣,靳建市,等.可控源音频大地电磁法在地热勘探中的应用[J].中州煤炭,2011,(6):39-50.

Application of Audio Magnetotelluric Method (AMT) in Geothermal Exploration in Juxian County

CHEN Dalei¹, YU Jiabin¹, WANG Yang¹, ZHANG Chao², YANG Bengu³

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shenhua Ningxia Coal Limited Corporation, Ningxia Yinchuan 750021, China; 3. No.8 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Rizhao 276800, China)

Abstract: Audio magnetotelluric (AMT) method has been applied in exploring geothermal resources in Shudong new district in eastern Juxian county. Through field survey and data collection on the processing after inversion, combining with hydrogeological conditions of geothermal resources occurrence, the interpretation of inversion maps in this region has been carried out. Fault location, occurrence, the size and the depth of underground heat reservoir have been identified, and achieved a good application effect.

Key words: Audio geodetic electromagnetic measurement (AMT); geothermal resources exploration; Juxian county