

大地电磁测深(MT)与土壤氡气测量 在涡阳地区地热勘查中的应用

陈大磊¹, 郭朋¹, 刘晨成¹, 于嘉宾¹, 吴硕先¹, 王明章²

(1. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 2. 安徽省地质环境监测总站, 安徽 合肥 230001)

摘要:为了研究涡阳地区深部构造和热源条件, 在高炉镇附近进行了大地电磁测深(MT)测量和土壤氡气测量工作。通过对大地电磁测深结果和土壤氡气浓度异常分布范围分析和解释, 指导区内地热勘查工作。通过资料解释, 基本查明区内构造的走向及其垂向延展特征, 查明基底起伏变化情况并了解深断裂的控制性, 预测地热成矿区有利地段。研究证明, 利用 MT 与土壤氡气测量对隐伏断裂位置和地热异常具有较好的指示意义。

关键词: MT 与土壤氡气测量; 地热勘查; 涡阳县

中图分类号: P631.325 **文献标识码:** A

引文格式: 陈大磊, 郭朋, 刘晨成, 等. 大地电磁测深(MT)与土壤氡气测量在涡阳地区地热勘查中的应用[J]. 山东国土资源, 2016, 32(10): 61-64. CHEN Dalei, GUO Peng, LIU Chencheng, etc. Application of Magnetotelluric Sounding (MT) and Thesoil Radon Measurement in Geothermal Exploration in Guoyang Area[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(10): 61-64.

工作区位于涡阳县城东南部, 主要围绕岳集大断裂进行调查评价, 岳集断裂为该区的主要控水断裂, 在工作区北部现已探明验证, 该断裂带南延具体走向尚未明确确定, 由于研究区内地表基本上被第四系覆盖, 深部构造分布及走向尚未定论。为查明研究区内控水断裂及其深部延伸特征以及氡气浓度异常的分布范围, 指导区内地热勘查工作, 根据以往的资料^[1], 采用了 MT 与土壤氡气测量在高炉镇附近进行了联合勘探。研究表明: 土壤氡气测量对圈定构造破碎带具有良好的应用效果; 大地电磁测量法在解决断裂构造破碎带、蚀变带以及地层接触带等岩性电性变化部位具有良好的反应。

1 地质及地球物理概况

1.1 地质

工作区地层属于华北地层大区晋冀鲁豫地层区徐淮地层分区淮北地层小区。主要发育有太古代五河群、古生代寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系及新近系和第四系, 地表皆为第四系覆盖。区域内大地构

造单元属中朝准地台淮河台坳, 次级单元为淮北褶皱断带宿州凹断褶束。宿州凹断褶束是淮北煤田所在, 工作区位于该区西南部, 发育有区域性 NNE 向岳集断裂和 EW 向板桥集断裂, 岳集断裂两侧地层错切, 并发育次级 NNE 向断层, 板桥断裂南侧五河群地层与北侧寒武、奥陶纪地层接触。上覆上新近系、第四系(图 1)。

1.2 地球物理特征

由于影响岩石电阻率的因素众多, 自然环境下某种岩石的电阻率并非某一特定值, 而是随特定环境下岩石孔隙中的含水量、温度、深度压力及矿物结构等, 在一定的范围内变化。根据以往的物探及测井资料统计, 一般环境下, 第四系和新近系砂岩电阻率一般在 $10 \sim 50 \Omega \cdot m$, 二叠纪石英砂岩和泥质页岩电阻率一般为 $150 \sim 1000 \Omega \cdot m$, 电性稳定; 奥陶纪灰岩、寒武纪灰岩, 电阻率一般在 $1000 \sim 2000 \Omega \cdot m$, 太古代五河群变质岩为高阻岩体, 电阻率值大于 $2000 \Omega \cdot m$ 。但当有断层存在情况下, 岩石破碎且充水, 其电阻率明显降低, 电阻率值小于 $500 \Omega \cdot m$,

收稿日期: 2015-04-26; 修订日期: 2016-06-03; 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

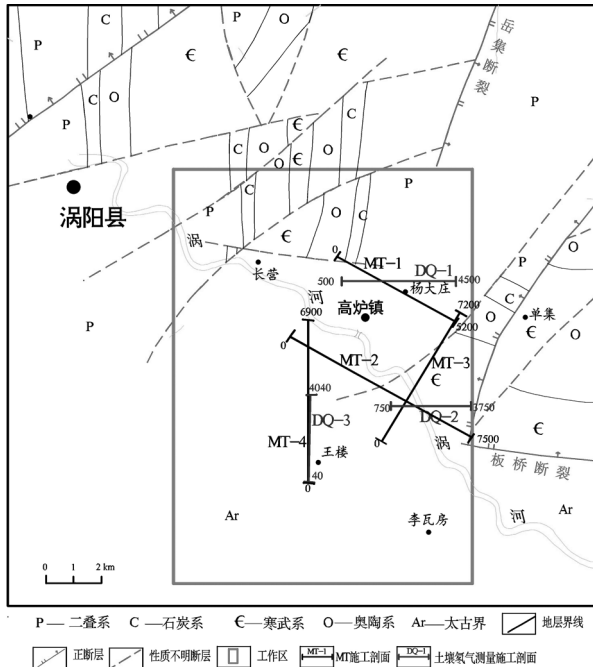


图 1 勘查区区域地质图(附工作布置)

特别是在温泉附近,构造充水且被加热,其电阻率降低更为明显,在视电阻率断面等值线图上呈明显的低阻梯级带及低阻“U”字或“V”字形异常^[2-3]。

2 工作布置

该次物探工作布置是在前期地质调查的基础上,地质技术人员根据区内的具体情况,现场布设。共布设 MT 剖面 4 条,氡气测量剖面 3 条。该次大地电磁测深工作使用的设备是加拿大凤凰公司生产的 V8 电法工作站(多功能电法仪),V8 是加拿大凤凰公司最新一代高科技多功能电法仪,成功地解决了很多过去在实际生产中所遇到的瓶颈问题。V8 系统采用的是先进的模块化技术,包含天然场的大地电磁(MT)和音频大地电磁(AMT),以及人工场源的可控源音频大地电磁(CSAMT)、各种时间域和频率域电磁功能(TDEM, FDEM)、激发极化—时间域和频率域(SIP, IP)、各种电阻率电法勘探测量功能。该次土壤氡气测量所用的设备仪器为 FD-3017 测氡仪。FD-3017 型 RaA 测氡仪(土壤测氡仪)是一种新型的瞬时测氡仪器,它利用静电收集氡衰变的第一代子体-RaA 作为测量对象,定量测量土壤,或水中氡浓度。其特点是没有探测器污染问题,也不存在氡射气的干扰影响,并且具有较高的灵敏度,操作简便,现场可获取结果(一般需 5 min,

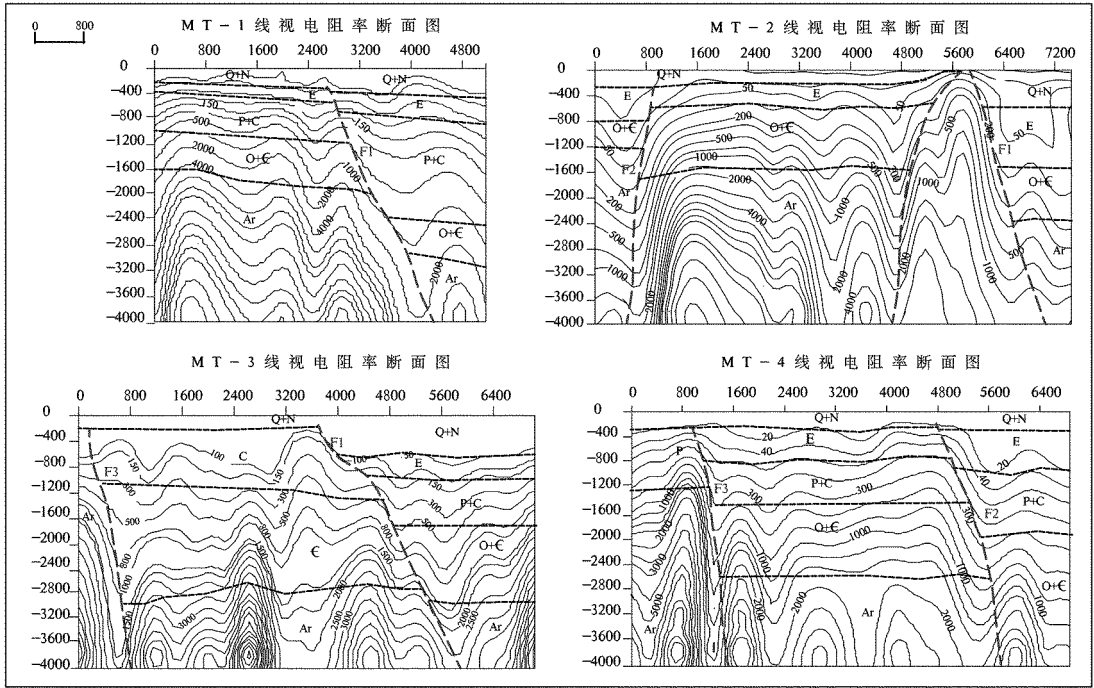
最快 3 min 完成一个点的测试工作,相对国外产品工作效率提高近 10 倍),是国内土壤氡检测最先进的测试仪器。

3 资料解释

通过对 MT 野外原始数据进行格式转换处理后,剔除了各种干扰频点,经过专用软件 WinGLink 数据处理反演,频率与电阻率对应关系转换为深度与电阻率的对应关系,据此绘制了 4 条 MT 剖面的视电阻率断面等值线图(图 2)。氡气测量判断断裂的主要依据是在断裂构造带上,由于岩石破碎致使断裂附近岩石的放射气性能增强,断层附近附近的放射性元素丰度也往往较大,岩石的射气系数也都比较大,因此断裂破碎带上的放射性气体常常出现异常^[4-5]。绘制了 3 条氡气测量剖面的氡气含量曲线图(图 3)。

根据 MT-1 剖面视电阻率资料知,点号 2 800~4 400 内,视电阻率等值线同步向下弯曲,出现明显的梯级异常带,梯级带两侧岩性的电性特征有明显的变化,为典型的断层异常特征,根据该剖面的电性特征及该区的地质资料综合分析知,2 800~4 400 点区间内的高低阻接触带,为 F_1 (岳集断裂)断层反应,向 SE 倾,倾角 70° 左右。同时 DQ-1 剖面在 2 350~2 650 点出现了明显的氡气含量高值异常带,该异常高值点并未出现在断层正上方,在前期正断层的测氡剖面上,异常曲线较缓一侧为断层的倾向,异常最大值不是出现在断层正上方,而是出现在断层倾向方向的斜上方,由此可以推测该断层为正断层^[6],倾向 E,与大地电磁测深成果一致^[7]。综合分析, F_1 断层西侧地层破碎较为严重,地温较为异常。

MT-2 剖面视电阻率资料在 0~500 点出现定向延深的低阻带,电阻率等值线呈明显的“V”字型反映,两侧电性层无明显变化,对应该工作区的 F_2 中心集断裂;4 400~5 000 点电阻率等值线出现明显“V”字型反应,为一小型断裂;在 6 000~7 500 点电阻率断面图上出现了明显的高低阻接触带,接触面对应点号在 6 000 点附近,两侧岩性分别为岩脉和寒武纪灰岩,该断裂带对应 MT-1 剖面的 F_1 岳集断裂,低阻值较深较宽,反应断裂带灰岩破碎,岩溶发育充水。同时 DQ-2 剖面在 1 100~1 900 点出现了明显的氡气含量高值异常带,该异常高值点为岩



Q--第四系 N--新近系 E--古近系 Nt--新近系 P--二叠系 C--石炭系 O--奥陶系 ←--寒武系 Ar--晚太古界 - - - - 地层界线 100 视电阻率等值线 F1 推断断裂

图 2 MT 剖面视电阻率断面图

MT-3 剖面视电阻率资料在 200~1 000 点之间, -1 000 m 以下有一明显等值线梯级带, 等值线同步向下弯曲, 呈现明显的“V”字型异常, 为断层异常特征反应; 在 200~1 000 点之间断裂带两侧岩性出现电性差异, 南侧视电阻率值在 2 000 $\Omega \cdot m$ 以上, 北侧电阻率值在 1 000~2 000 $\Omega \cdot m$, 分别与 MT-3 剖面的 F₃ 板桥断裂两侧岩性相对应, 推断该异常为 F₃ 板桥断裂带。MT-4 剖面视电阻率资料在 600~1 600 点; 5 000~5 600 点, 出现已明显的等值线梯级带, 等值线同步向下弯曲, 呈现明显的“V”字型异常, 为明显的断层异常特征。在 600~1 600 点, 低阻异常推断为 F₃ 板集断裂, 梯级接触带位于 700 点, 断裂带 N 倾, 南侧地层为五河群变质岩, 电阻率大于 20 000 $\Omega \cdot m$, 北侧为页岩、粉砂岩、灰岩, 电阻率值在 150~1 000 $\Omega \cdot m$ 。在 5 000~5 600 点处, 高低阻接触带位于 5 200 点附近, 异常推断为 F₂ 中心集断裂, 两侧岩性电性层有明显差异, 断裂带南侧为石炭纪、寒武奥陶纪地层, 北侧对应古近纪、二叠纪的泥岩、砂岩。

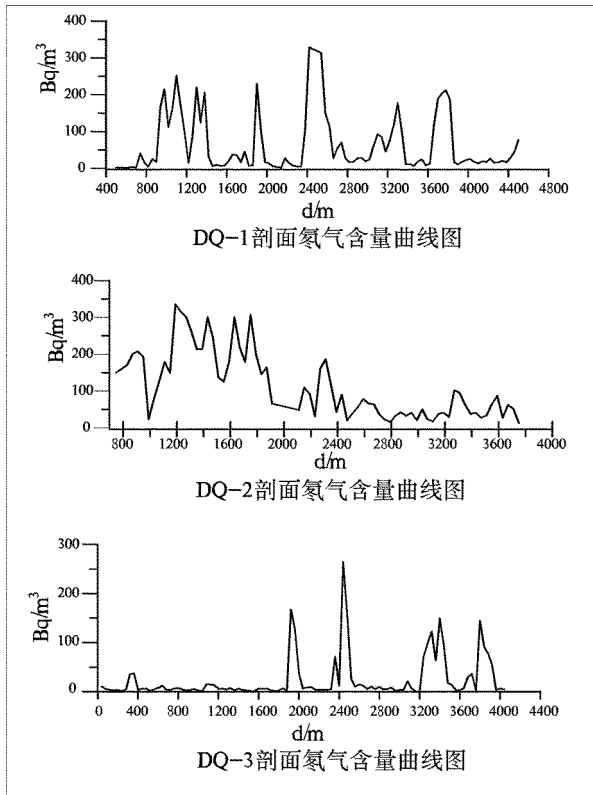


图 3 氦气测量曲线图

脉位置, 2 300 左右高异常值位于 F₁ 岳集断裂倾向的斜上方, 由此可以推测该断层为正断层, 倾向 E, 与大地电磁测深成果一致。

4 综合推断

根据该次大地电磁测深成果推断断裂构造基本标志特征推测工作区主要断裂为 F₁ 岳集断裂、F₂

中心集断裂带和 F_3 板桥断裂。MT-1, MT-2 和 MT-3 三条 MT 剖面线从北到南跨越 F_1 断层展布, 从其视电阻率断面显示, 工作区地面 400 m 以下, 电阻率等值线扭曲严重, 出现明显的“V”字型电性特征梯度异常带, 电阻率值在 $50 \sim 2\,000 \Omega \cdot m$ 之间变化, 推测为 F_1 断裂带在测点上的异常反映。特别是 MT-2 剖面在岳集断裂带附近小于 $100 \Omega \cdot m$ 低阻值深度达 1 600 m 以上, 说明断裂带破碎且充水。 F_2 中心集断裂是一条“~”型 EW 向正断裂, 倾向 N。MT-2, MT-3 和 MT-4 三条 MT 剖面测线分别穿过该断裂东西两端, 但该次物探测点布置不多, MT-2, MT-4 线仅在断层西端断层上及两侧布置了 5 个测点, 从图 2 可以看出, 视电阻率等值线在该处出现了明显的等值线梯级带, 小于 $100 \Omega \cdot m$ 的视电阻率低阻值深度达 1 600 m 以上, 说明断裂带破碎充水。MT-3 剖面线由于受 F_1 深断裂的影响并未解译出该断层。 F_3 板桥断裂是工作区物探推测的又一相对较大的断裂, MT-3 和 MT-4 剖面分别穿过该断裂东西两端并与其垂直布设。从 MT-3 和 MT-4 视电阻率断面图知, 工作区地面 900 m 以深, 出现明显的等值线梯级带, 并且等值线同步向下弯曲, 呈现明显的“V”字型异常, 两者均为明显的断层异常特征。结合区域地质条件, 推断该异常为 F_3 板桥断裂带。该次氦气测量的 DQ-1 线和 DQ-2 线氦气测量曲线图(图 3)显示, 氦气测量异常曲线变化较为明显, 呈跳跃式起伏变化。根据区域地质资料, 在断裂带上面的测点出现明显的高值异常。根据氦气测量出现异常的原因, 同时结合该次的大地电磁测深成果, 3 条测氦线出现的氦气含量高值异常带推断为 F_1 丰涡断裂(岳集断裂)的反应(图 4)^[8-10]。

5 结论

(1) 根据该次物探资料及工作区的地质综合分析, 研究区内 F_1, F_2, F_3 , 3 条构造发育良好, 地势平缓, 补给面积较大, 具有良好汇水、富水条件, F_1, F_2, F_3 断裂交会部位, 具有良好的成井条件, 建议下一步工作将中心集断裂(F_2)以南、岳集深大断裂(F_1)两侧 1.5 km 以及板桥断裂(F_3)和岳集深大断裂(F_1)交会处西侧 200 m 范围作为拟勘探靶区, 在圈定的地热靶区内最有利部位, 进行深井钻探验证, 实行探采结合。

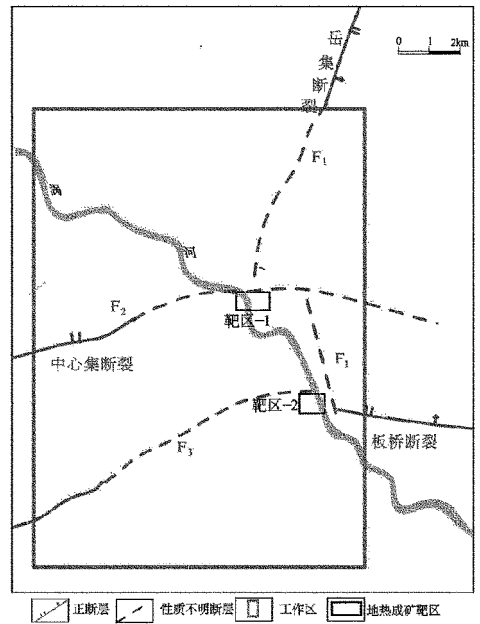


图 4 综合推断图

(2) 研究区第四系覆盖厚而广, 通过方法应用研究分析认为该区选择的物探方法正确、有效, 利用大地电磁测深(MT)与土壤氦气测量查明揭示了区内断裂构造的分布及产状, 圈定地热成矿有利靶区, 综合分析认为, MT 和土壤氦气测量方法组合的利用, 在该区寻找地热资源是有效可行的。

参考文献:

- [1] 张健, 李忠, 鲁震. 大地电磁测深在安徽某工区地热勘查中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2010, 7(5): 574-578.
- [2] 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(增刊): 66-70.
- [3] 赵建粮, 陈天振, 张晋, 等. MT 法在开封凹陷地热资源调查中的应用[J]. 物探与化探, 2010, 34(2): 163-166.
- [4] 刘春来, 虞先国, 黄连美, 等. 地下氦气测量推断隐伏断层走向[J]. 物探与化探, 2011, 35(2): 226-229.
- [5] 卢炎, 戴丽君. RaA 测氦技术及应用[J]. 长春地质学院学报, 1995, 25(2): 212-215.
- [6] 余传涛, 刘福鸿, 张新军. 测氦法用于隐伏断层探测的实验研究[J]. 勘探地球物理进展, 2010, 33(5): 332-335.
- [7] 李茂, 么成雅, 邱崇涛, 等. AMT 与土壤氦测量在连山关-祁家堡子地区铀矿勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2014, 38(1): 28-34.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 常志勇, 史杰, 李清海, 等. 土壤氦测量技术在新疆塔什库尔干县地热资源勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2014, 38(4): 654-659.

Application of Magnetotelluric Sounding (MT) and The soil Radon Measurement in Geothermal Exploration in Guoyang Area

CHEN Dalei¹, GUO Peng¹, LIU Chencheng¹, YU Jiabin¹, WU Shuoxian¹, WANG Mingzhang²

(1. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Anhui Monitoring Station of Geological Environment, Anhui Hefei 230001, China)

Abstract: In order to study deep structures and heat source conditions in Guoyang area, magnetotelluric sounding (MT) and soil radon measurement have been carried out in Gaolu town. Through analysis and interpretation of magnetotelluric sounding and soil radon concentration anomaly distribution, geothermal exploration work in this area has been carried out. Through data interpretation, direction of the structures in this area, its vertical extension characteristics and the changes of basement relief have been identified, and the controlled ovarian have been understood, and favorable areas of geothermal forming have been predicted. it is showed that it has good guiding for determining the locations of buried faults and geothermal anomaly by using MT and soil radon measurement.

Key words: MT and soil radon measurement; geothermal exploration; Guoyang county