

CSAMT 法在莘县马西林场 地热普查中的应用研究

马晓东¹, 刘鹏², 陈玉菡³

(1. 山东地质科学研究院, 山东 济南 250013; 2. 苍山县国土资源局, 山东 苍山 277700; 3. 山东省地质博物馆, 山东 济南 250013)

摘要:CSAMT 法简称可控源音频大地电磁法, 采用人工控制场源, 信号强度高, 具有较强的横向分辨和抗干扰能力。在莘县马西林场地区进行地热资源普查中, CSAMT 法能够大致划分第四系、新近系、古近系及热储层的界面, 并对断裂构造具有较好的横向分辨效果, 可以查清深部隐伏的断裂构造的埋深及展布特征。应用于地热资源地质成矿有利条件的前期普查中, 能够取得较好的效果。

关键词:CSAMT 法; 地热普查; 应有研究; 莘县马西林场

中图分类号:P631.325

文献标识码:B

普查区位于莘县马西林场地区, 区内第四纪、新近纪和古近纪地层发育, 其中新近纪底板埋深约 1 300~1 500 m。在区域构造上, 位于华北陆块华北坳陷临清坳陷区高唐潜断隆堂邑凸起与东明-莘县潜断陷莘县凹陷的结合部。中生代以来该区构造运动频繁, 形成一系列的隆起、凹陷和断裂, 并伴有少量较小规模的岩浆活动, 具备有利的地热资源地质成矿条件。

选用 CSAMT 法进行地热成矿有利地质条件的前期研究^[1-6], 目的是查明区内地层及热储层的埋深、厚度和断裂构造的展布特征, 为今后地热井钻探工程的部署提供依据^①。

1 技术方法

1.1 工作原理

CSAMT 法简称可控源音频大地电磁法, 采用人工控制场源, 信号强度高, 具有较强的抗干扰和横向分辨能力, 是新兴起的一种地球物理普查技术。根据电磁波传播、趋肤效应理论和麦克斯韦方程组导出的水平电偶极源在地面上的电磁场及趋肤深度公式可知, 当视电阻率不变时, 电磁波的探测深度和

频率成反比关系: 高频率时, 探测深度较浅; 低频率时, 探测深度较深。因此可以通过改变发射频率的高低来改变探测深度, 从而达到频率测深的目的。

CSAMT 测量仪器系统是一套发射、接收和相应的数据处理软件系统。发射系统包含发电机和发射机, 分为大(30 kW)、中(10 kW)、小(3 kW)3 种功率。接收系统包括由计算机控制的智能化数字接收机、磁探头和不极化电极。接收机一次能够同时接收上述不同频率系列的 7 道电场 E_x 和一道磁场 H_y , 即一次发射能够同时完成 7 个频率点的测深。接收机能够将野外采集的数据通过处理软件进行数据处理, 并绘制原始测深曲线和各种彩色的断面图及切片图, 供资料解释推断使用^[7]。

1.2 仪器及性能

该次普查选用美国 Zonge 公司制造生产的 GDP-32 II 型多功能电法工作站, 其频率范围为 0.000 7 Hz~8 kHz; 标准测量功能为 Res, TDIP, FDIP, CR, CSAMT (标量、矢量、张量), HAC-SWAMT, FDEM, TDEM, NanoTEM, MMR (磁电阻率), MIP (磁激发极化), 测井等; 输入阻抗为 10 MΩ/DC; 动态范围为 190 db; 最小可检测信号为

收稿日期: 2013-02-27; 修订日期: 2013-04-17; 编辑: 王秀元

作者简介: 马晓东(1972—), 男, 山东苍山人, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查和研究工作; E-mail: smxd2007@qq.com。

①山东省地质科学实验研究院, 山东省莘县马西林场地热普查报告, 2012 年。

0.03 μ V; 相位精度为 ± 0.1 mrad。

1.3 技术试验

结合工作区实际环境条件选取最佳有效的工作参数,使探测工作能够达到该次电法普查的目的层深度及分辨率的要求,同时能够压制消除干扰。

1.3.1 频率选择

选用大功率发射机 30 kW, 试验点选择在探测区内干扰较小的区域, 如图 1 为试验点的频率曲线, 从试验点的视电阻率 ρ_a 与频率 f 的关系曲线可以看出, 在频率为 0.5 Hz 时, 曲线发生变化, 显示已达到奥陶纪地层, 考虑到采集尽量多的数据, 此次选用 0.063~4 096 Hz 的共 17 道工作频率(表 1)。

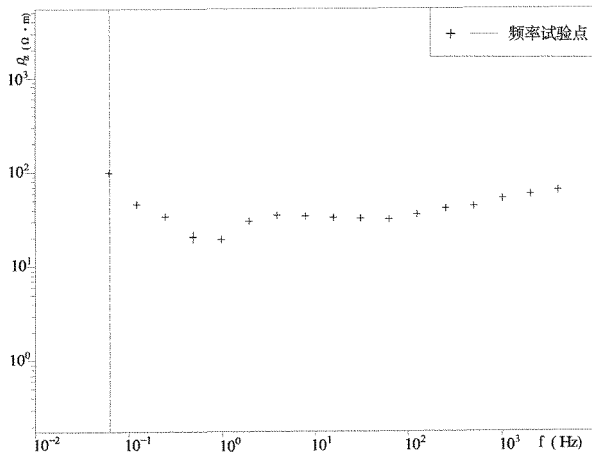


图 1 试验点频率曲线

表 1 试验工作频率

道数	频率(Hz)	道数	频率(Hz)	道数	频率(Hz)
1	4096	7	64	13	1
2	2048	8	32	14	0.5
3	1024	9	16	15	0.25
4	512	10	8	16	0.125
5	256	11	4	17	0.063
6	128	12	2		

1.3.2 发射机至接收机的距离及供电电流的选取

发射机至接收机之间的距离 r 的选择与探测深度 H 有关, 一般来说 r 越大越好, 当 r 过大时, 接收的信号减弱, 导致测量误差增大, 因此应依据普查的目的任务、探测深度及发射机的功率来选择 r 的大小。一般只要保证 $r > (3 \sim 6)H$ 即可。

为保证测区全部测线都位于在以供电偶极 AB 为边所张的 60° 的梯形面积内, 根据 CSAMT 法的

要求和区内的实际情况, 在距离测区的 8 km 处布置发射偶极, 共布设 1 个发射点, 方向与测线平行。供电偶极布设长度为 2 000 m, 所有测点收发距均大于 8 km, 这样可克服近场效应, 并保证了探测的深度要求, 为了保证足够的信号强度, 供电电流均保持在 8 A 以上, 低频达到 18 A 以上, 有效克服了因距离大而接收信号较弱的弊端。

1.3.3 试验结论

根据上述参数选择及频率的选择, 工作曲线如图 1 所示, 反映了地层的电阻率的变化特征曲线光滑规则, 经换算深度大于 1 700 m。故采用上述参数进行工作。

1.4 资料处理

处理原则: 将获得的原始数据, 转换为反映含有地电信息的语言, 其基本原则是在确保高信噪比的前提下, 尽量保留原始资料的有效信息, 最大限度提高纵、横向分辨率, 尽量改善异常的显示效果。

处理流程: 按照从已知到未知原则, 在充分分析原始资料的基础上, 进行资料处理和反演, 然后根据反演结果绘制 ρ_a 等值线拟断面图。此次资料的反演深度大于 1 700 m, 拟合精度在 $\pm 10\%$ 左右。

2 应用效果

2.1 地球物理特征

为了解区内地层电性特征, 首先收集了该区及周边地区的地质、岩(矿)石电性及测井资料; 经综合研究分析可知: 该区地层自上而下为第四系、新近纪明化镇组和馆陶组、古近纪东营组、中生界二叠系。其中第四系电性不均匀, 其下部为砾石层, 视电阻率值变化复杂。明化镇组上部主要为含砾或粗砂岩, 下部主要为砂岩; 馆陶组主要为细砂岩, 底部有一层砾岩, 厚度 20 m 左右; 因此明化镇组的上部一般为高视电阻率反映; 明化镇下部及馆陶组一般为低阻反映; 东营组主要为含砾砂岩, 视电阻率一般略高于馆陶组, 但是仍属于低电阻率的岩层。二叠系为该区基岩, 具有较高的视电阻率。根据以上分析情况, 在该区利用电法划分地层界面是可行的。

2.2 地层解释

依据邻区资料, 一般选择馆陶组下部及东营组地层作为热储层, 由图 2 可见下部视电阻率值较高, 等值线较密集且平直光滑, 反映了二叠纪地层的高

阻特征;中部视电阻率值较低反映了明化镇组下部,馆陶组及东营组的低阻特征,上部高阻区反映了明化镇组上部的高阻特征。250 m 以浅的视电阻率虽然有盲区存在,但明显地具有杂乱特征,反映了第四

系电性的不稳定的特征,结合已知资料推测该区第四纪地层厚度一般为 250 m 左右,明化镇组底板解释深度约为 800 m,馆陶组底板解释深度约为 1 300 m,二叠系顶板解释深度约为 1 550 m。

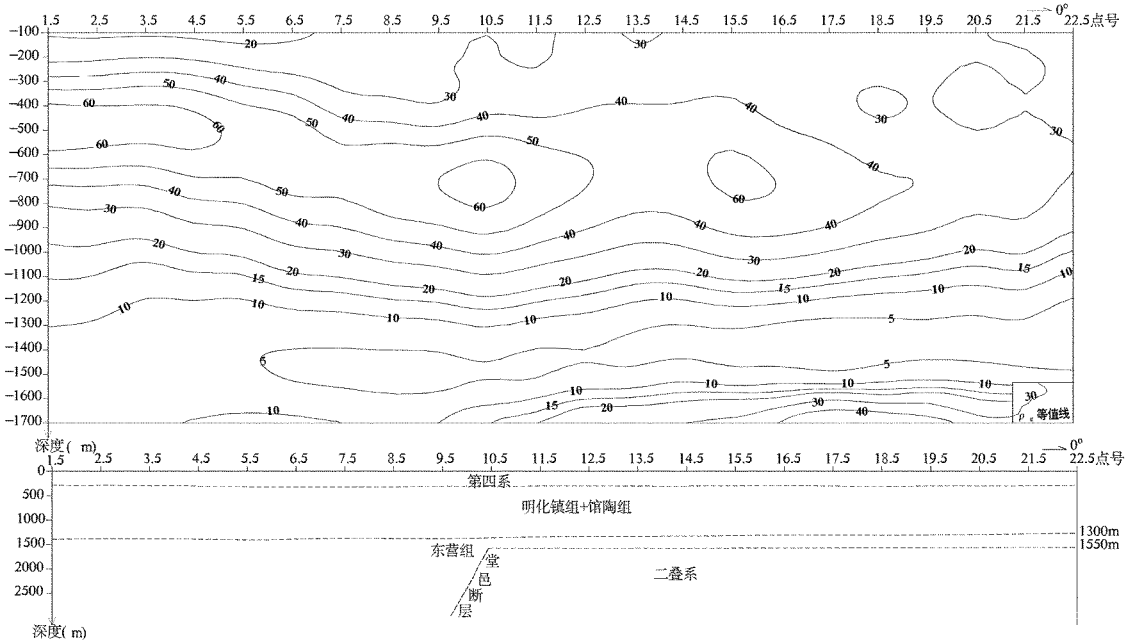


图 2 莘县地区地热资源 CSAMT 测深 3 剖面 ρ_a 等值线及推断地质成果图

2.3 断裂构造解释

断裂构造是地下热水的良好储集场所及运移通道,隐伏的断裂构造的存在对地热资源的成矿十分有利,从图 2 可以看出,在 9.5 号测点处,左侧 ρ_a 等值线明显向下错动,表明该处存在一断裂,与该区的堂邑断裂相吻合,从等值线错动延伸方向看,该断裂上部可能延伸到新近纪馆陶组,下部落差较大,总体倾向 SE,走向 NE,对该区可利用热储层(新近纪馆陶组和古近纪东营组)的深度具有控制性,南侧较深,北侧较浅。

3 结论

通过 CSAMT 法,基本查清了区内深部隐伏的地层、热储层、断裂构造的埋深及展布特征^[8],为下一步的地热井的钻探提供了较可靠的资料依据。由于探测的目的地层及热储层(馆陶组和东营组)埋藏较深,也为了压制消除干扰,在该区通过前期的试验研究选取最佳的工作参数进行 CSAMT 法地热普查也是合理有效的。

CSAMT 法虽无法精细分辨区内第四系、新近系及古近系的较小的结构层,但可大致划分隐伏较深的工作目的地层和热储层的界面,且对深部隐伏的断裂构造具有很好的横向分辨能力,并具有较强的抗干扰能力,应用在与该区地热地质成矿条件类似的地区进行地热资源的的前期普查中,能够取得较好的效果。

参考文献:

- [1] 黄力军,徐光辉,陆桂福.可控音频大地电磁测深在北京城市地质调查中的作用[J].工程地球物理学报,2006,3(3):177-182.
- [2] 李茂,杜建农.CSAMT 法在松辽盆地四平地区铀矿勘查中的应有[J].物探与化探,2006,30(4):298-302.
- [3] 阴曼宁,安存杰.综合物探方法在内蒙古某地区地热勘查中的应用[J].物探与化探,2007,31(4):313-316.
- [4] 程云涛.CSAMT 法在厦门杏林湾寻找深部地热中的应用[J].工程地球物理学报,2010,7(1):97-100.
- [5] 刘宏,刘东琴,杨轮凯,等.CSAMT 勘探方法在寻找地热中的应用[J].物探装备,2002,12(2):62-63.
- [6] 金永念,张登明,刘志平.综合地球物理普查技术在地热勘查中的应有[J].水文地质工程,2006,(1):92-94.

[7] 宋希利, 彭玉明, 王仕昌. 可控源音频大地电磁法在平阴县地质灾害调查中的应用效果[J]. 山东国土资源, 2010, 25(7): 13 - 16.

[8] 马晓东, 彭庆吉, 李济. 山东省聊城东部地热田水质特征及开发利用研究[J]. 山东国土资源, 2011, 26(7): 6 - 9.

Application of CSAMT Method in Maxi Forest Farm Geothermal Surveying in in Shenxian County

MA Xiaodong¹, LIU Peng², CHEN Yuhan³

(1. Shandong Institute of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. Cangshan Bureau of Land and Resources, Shandong Cangshan 277700, China; 3. Shandong Geological Museum, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Controlled source audio magnetotelluric method is CSAMT method for short. It uses manual control field source with high signal strength. It has strong lateral resolution and noise immunity. In the geothermal resources survey in Maxi forest farm area in Shenxian county, profile interfaces of Quaternary, Neogene, Paleogene and thermal reservoirs can be roughly divided by using CSAMT method, and has good lateral resolution effect to faults. It also can verify the depth and distribution characteristics of deep hidden faults. This method has been applied in preliminary geological survey of ore - forming favorable conditions and achieved good results.

Key words: CSAMT method; geothermal survey; application research; Maxi forest farm in Shenxian county