

CSAMT 方法在浙江桐庐莪山畲族乡地热资源勘查中的应用

安柱 谢启贤 王富春

浙江省地矿勘察院有限公司, 浙江 杭州 310012

[摘要] 地热资源是一种可再生、环保、清洁的新型能源, 开发地热资源可构建清洁低碳、安全高效、循环可持续的现代能源体系, 促进经济社会绿色发展。CSAMT 法具有资金投入小, 勘测深度大, 地形条件限制小, 观测效果高等特点, 文中通过 CSAMT 法在桐庐县莪山畲族乡地热资源勘查中的成功应用, 证明了可控源音频大地电磁法在地热勘探中具有良好的效果。

[关键词] 地球物理; 地热资源; 可控源音频大地电磁法; 浙江桐庐

DOI: 10.33142/aem.v5i8.9450

中图分类号: P631

文献标识码: A

Application of CSAMT Method in Geothermal Resource Exploration on She Ethnic Township in Tonglu, Zhejiang

AN Zhu, XIE Qixian, WANG Fuchun

Zhejiang Geological and Mineral Exploration Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310012, China

Abstract: Geothermal resource is a renewable, environmental friendly and clean new energy. The development of geothermal resource can build a clean, low-carbon, safe, efficient and sustainable modern energy system, and promote green economic and social development. The CSAMT method has the characteristics of small capital investment, large survey depth, small topographic constraints, and high observation effect. The successful application of CSAMT method in geothermal resources exploration in She nationality township, Eshan, Tonglu County proves that the controllable source audio frequency magnetotelluric method has a good effect in geothermal exploration.

Keywords: geophysics; geothermal resources; controllable source audio magnetotelluric method; Tonglu, Zhejiang

引言

桐庐县莪山畲族乡地处桐庐县南部, 东邻旧县街道, 南与建德市钦堂乡接壤, 西接钟山乡, 境内溪谷纵横, 自然风光秀美, 具有较为丰富的自然及人文景观、山地康养与运动休闲资源^[1]。

地热资源是一种可再生、环保、清洁的新型能源, 开发地热资源可以更好地开发旅游资源, 打造高端生态康养、运动休闲胜地, 促进当地经济社会绿色发展。而由于地热资源勘查开发具有投入大, 风险高等特点, 莪山乡地貌属剥蚀中低山丘陵区, 山坡降较大, 山体植被茂密, 地表地质调查效果差, 因此需要找到一种成本投入少, 符合复杂地形条件, 又能快速有效探测深部地质构造的物探方法。可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 具有勘测深度大, 抗干扰能力强, 地形条件限制小, 观测效果高等特点, 兼有测深和剖面研究的双重特点, 是寻找隐伏矿体和探测深部地质构造的有效方法手段, 近年来, 在我国的金属矿产勘查, 油气勘探, 地下水和地热勘探中得到了广泛应用^[2-5]。

1 工作原理

可控源音频大地电磁法 (CSAMT) 以有限长接地电偶极子为场源向地下发送不同频率的交变电流, 在距偶极中心一定距离处同时观测正交的电场参数。野外工作一般采用赤道装置进行标量测量, 同时观测与场源平行的电场水平分量 E_x 和与场源正交的磁场水平分量 H_y , 然后计算

卡尼亚电阻率。

其视电阻率公式为:

$$\rho_s = \frac{1}{5f} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (1)$$

根据电磁波的趋肤效应理论, 可导出探测深度公式:

$$H \approx 356 \sqrt{\rho / f} \quad (2)$$

从上式可见, 电磁波的探测深度与频率成反比, 通过人工从低到高逐个改变频率, 可观测到从深到浅的卡尼亚电阻率测深曲线, 反演计算便得到不同深度的电阻率参数, 反映出地下不同深度的地质情况。

2 勘查区地质与地球物理特征

勘查区及外围出露地层有上统唐家坞组 (S2t) 岩屑砂岩、粉砂岩、泥岩等, 泥盆系上统西湖组 (D3x) 石英砂岩, 白垩系下统黄尖组 (K1h) 酸性火山熔岩及火山碎屑岩和第四系。区域上位于北东向马金—乌镇断裂和球川—萧山断裂之间, 受区域性深大断裂影响, 勘查区北东向断裂及北西向次级断裂较发育。中部、北部发育燕山晚期中酸性岩浆侵入岩 (图 1)。

地层岩石的物性差异是引起电阻率异常的基本因素, 是开展物探工作与综合地质解释工作的基础资料, 是联系电阻率异常与地质解释的“桥梁”。根据 1991 年《浙江省区域地层岩石地球物理地球化学参数研究报告》, 花岗岩体具有高

电阻率特征,砂岩、粉砂岩等碎屑岩类地层相对较低。

资料表明电阻率值随温度升高而减小,即在相同条件下的地区,温度高、含热量大的地区表现为低阻异常带。

区域内断裂构造的存在使得原岩的连续完整性遭受破坏,且多被充填,使电阻率值下降,在视电阻率曲线断面图上呈典型的低阻“V”或“U”字型反映。通过以上区域岩石电性特征分析,不同岩性的地层具有明显的电性差异,断裂构造破碎带与围岩之间具有显著的低阻特征。在区内利用 CSAMT 方法勘探,具备良好的地球物理前提。

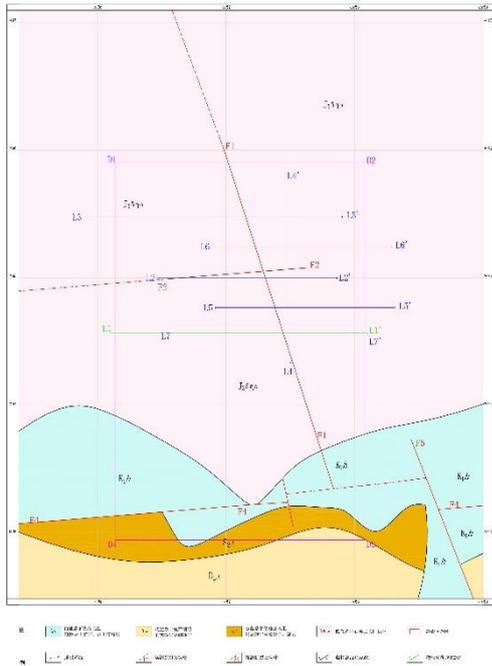


图1 勘查区地质简图及物探剖面布置图

3 工作部署

本次地球物理勘查工作按控制性测量、加密测量、重复测量相互验证和共3个步骤进行。

(1) 控制性测量: 根据勘查区地质构造特征,按东西向布置了3条基本垂直主要构造走向的控制性测量剖面(L2线, L3线, L7线)和1条南北向测量剖面(L4线),进行物探剖面测量。(2) 加密测量: 根据控制性剖面测量解译成果,在3条东西向剖面之间布置了2条剖面(L5线, L6线)进行加密测量。(3) 重复测量与相互验证: 选用另外一种物探测量方法(广域电磁法)对L7线进行重复测量(即L1线),相互验证,以提高物探勘查精度和解译成果可靠性。

物探剖面布置见图1。

4 CSAMT 法解译

本次物探工作布置东西向平行剖面共6条,方位角90°,主要目的是控制测区内北东、北西向断裂。由北向南依次为L3、L6、L2、L5、L1和L7为重复测量及对比剖面,见上图1;南北向剖面1条,编号L4,方位角0°,

目的是控制测区内东西向断裂。

4.1 东西向剖面

4.1.1 测线L3

长度2公里,测点距50m,图2为L3线视电阻率等值线断面图及推断解释成果图。从断面图上视电阻率所反映的特征可以看出,在平距1200-1450m下方存在高低阻接触带和等值线“V”字型下凹,推断为断层反应,编号为F1,断层倾向北东,倾角83°。

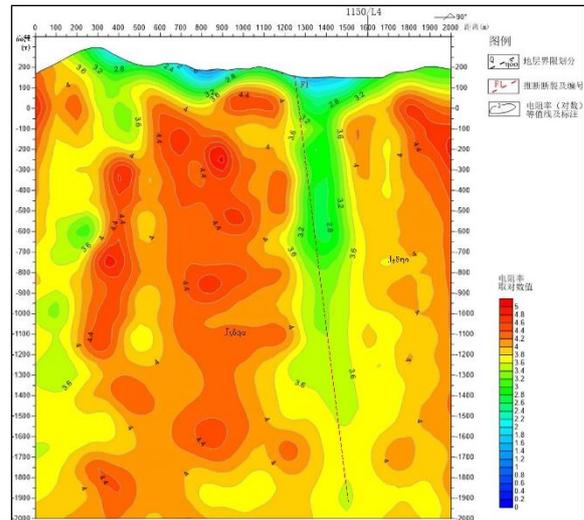


图2 L3线视电阻率断面图及推断解释成果图

4.1.2 测线L6

长度1.4公里,测点距50m,图3为L6线视电阻率等值线断面图及推断解释成果图。从断面图上视电阻率所反映的特征可以看出,在平距300-450m下方存在高低阻接触带,F1断层反应明显,断层倾向北东,倾角84°。

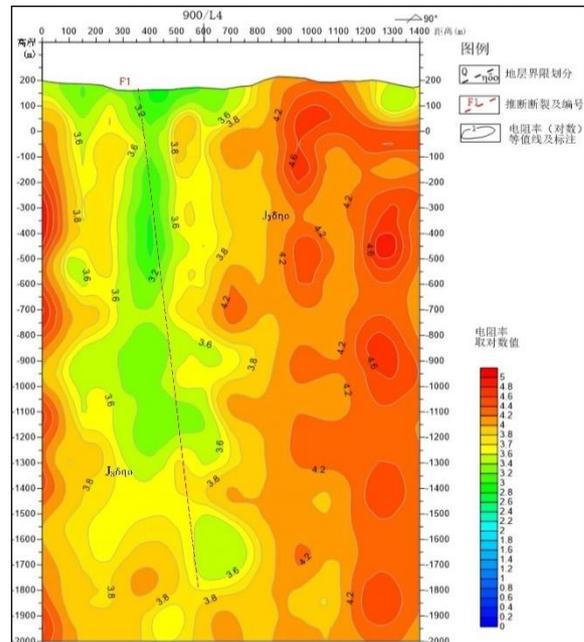


图3 L6线视电阻率断面图及推断解释成果图

4.1.3 测线 L2

长度 1.4 公里，测点距 50m，图 4 为 L2 线视电阻率等值线断面图及推断解释成果图。从断面图上视电阻率所反映的特征可以看出，在平距 850-1050m 下方存在高低阻接触带，F1 断层反应明显，断层倾向北东，倾角 84°。断面图左侧 150-300m 下部亦表现出高低阻接触带特征，结合南北向 L4 线断面解释图，推断为断层反映，编号 F2，走向北东东，倾向南东，倾角 85°。

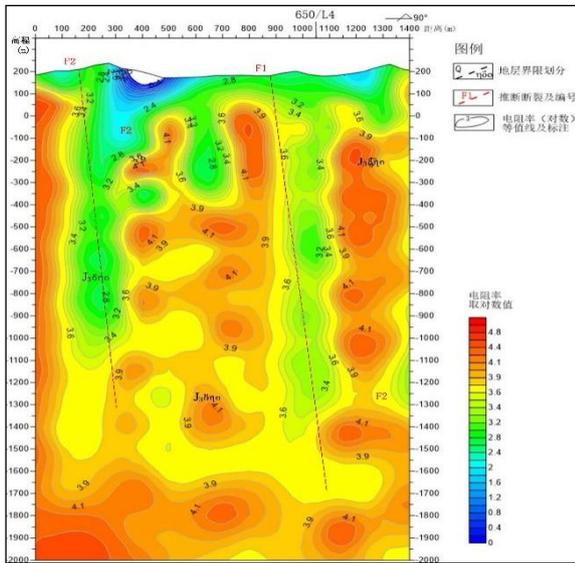


图 4 L2 线视电阻率断面图及推断解释成果图

4.1.4 测线 L5

长度 1.4 公里，测点距 50m，图 5 为 L5 线视电阻率等值线断面图及推断解释成果图。从断面图上视电阻率所反映的特征可以看出，在平距 450-600m 下方存在高低阻接触带和等值线“V”字型下凹，F1 断层反应明显，断层倾向北东，倾角 83°。

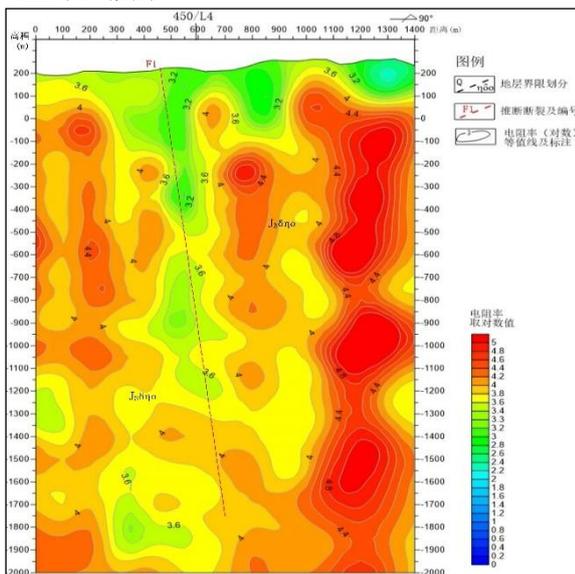


图 5 L5 线视电阻率断面图及推断解释成果图

4.1.5 测线 L1 (广域电磁法)

长度 2 公里，点距 50 米，图 6 是 L1 号线反演断面图及推断解释成果图。从断面图中电阻率所反映的特征可以看出，在平距 1300-1450m 处下方存在高低阻接触带和等值线“V”字型下凹，F1 断层反应明显，浅部表现为高低阻接触带，中部表现为高阻中的低阻异常带，深部为等值线“V”字型下凹，断层倾向北东，倾角约为 80°。

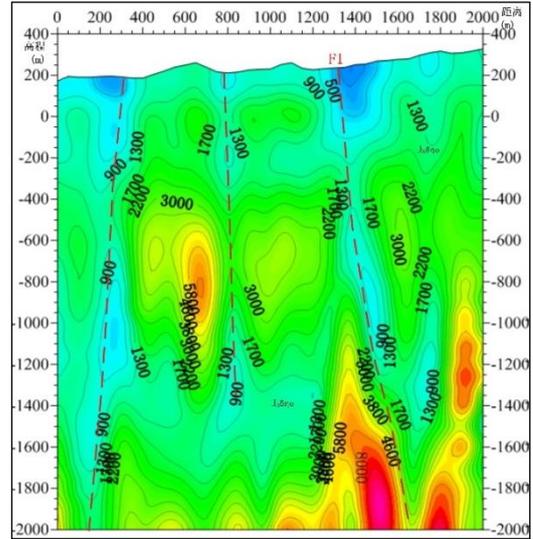


图 6 L1 线视电阻率断面图及推断解释成果图

4.1.6 测线 L7 (可控源音频大地电磁法)

测线 L7 为 L1 线的重复测量及对比较验证剖面，自 L1 线 500-2000m 重复测量，长度 1.5 公里，测点距 50m，图 7 为 L7 线电阻率等值线断面图及推断解释成果图。从断面图上中电阻率所反映的特征可以看出，在平距 800-950m 下方存在高低阻接触带，F1 断层反应明显，断层倾向北东，倾角 83°。与 L1 线断面相比位置相同，空间形态类似。

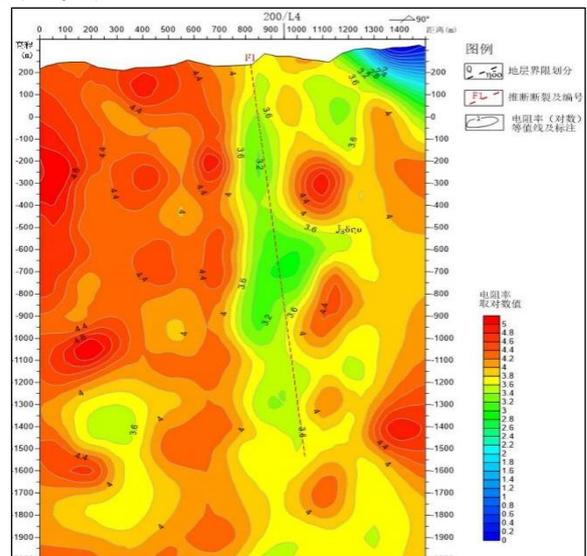


图 7 L7 线视电阻率断面图及推断解释成果图

4.2 南北向剖面

测线 L4 长度 1.4 公里, 测点距 50m, 图 8 为 L4 线视电阻率等值线断面图及推断解释成果图。从断面图上视电阻率所反映的特征可以看出, 在平距 600-700m 下方存在高低阻接触带和等值线“V”字型下凹, 推断为断层反应, 编号为 F2, 断层倾向南东, 倾角 85°。断面图下部亦表现出高低阻接触带特征, 结合东西向多条断面图, 应为 F1 断层反映。

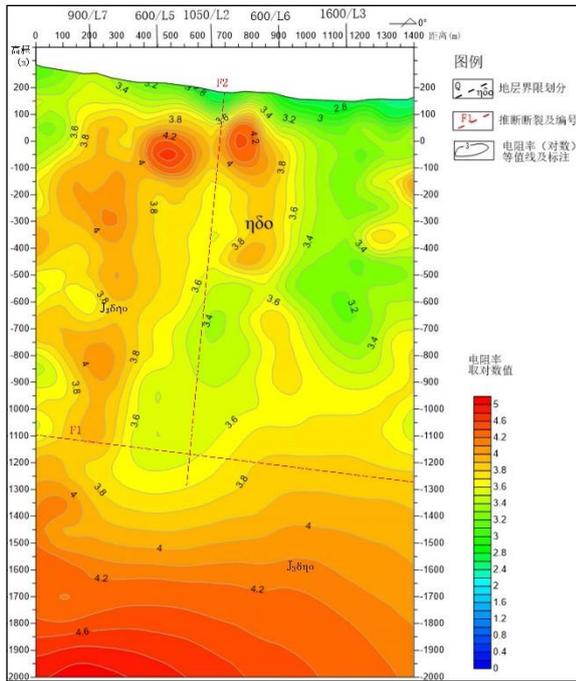


图 8 L4 线视电阻率断面图及推断解释成果图

5 结论

桐庐县莪山畲族乡勘查区地形条件复杂, 山高林密, 给地热勘查带来一定的不便, 采用地球物理方法可以在低成本的前提下较好地勘测深部地层及地质构造。通过 CSATM 法在本区的实际应用, 结合地质调查, 勘查区发育的北北西向张性断裂 F1 在多条物探剖面上反应明显, 可靠性较高, 是良好储水导水断裂, 是本区地热找矿的主要方向, 地热地质条件总体较好, 具备寻找地热资源的勘查潜力。

[参考文献]

- [1]何继善. 可控源音频大地电磁法[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1990.
 - [2]石昆法. 可控源音频大地电磁法理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
 - [3]吴璐苹, 石昆法. 可控源音频大地电磁法在地下找水勘探中的应用研究[J]. 地球物理学报, 1996, 39(5): 76.
 - [4]蔡会梅. 可控源音频大地电磁法在地热资源勘查中的应用[J]. 科技资讯, 2022, 20(10): 76.
 - [5]张鹏. 可控源音频大地电磁法在地热探测中的应用[J]. 煤炭与化工, 2021, 44(9): 87.
- 作者简介: 安柱(1989—), 男, 2011年毕业于中国地质大学(武汉), 地质学专业, 获学士学位, 工程师, 主要从事矿产地质勘查工作。