

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2015.02.008

常规电法在英山县温泉镇地热资源勘查中的应用

刘磊, 罗士新, 陈长敬

LIU Lei, LUO Shi-Xin, CHEN Chang-Jing

(中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉 430205)

(Wuhan Center of China Geological Survey, Wuhan 430205)

摘要:利用对称四极, 三极装置, 在湖北省英山县温泉镇地热资源勘查中划分地层, 探测含水裂隙带。收集了大量地质资料, 克服了单一测深方法的局限性, 初步确定了控制地下热水的构造分布情况, 在物探解释的基础上, 结合地质成果进行了钻探验证, 取得了较好的勘查效果。

关键词:地热资源勘查; 电测深; 含水裂隙带; 湖北英山县

中图分类号: P631.3

文献标识码: A

文章编号: 1007-3701(2015)02-182-06

Liu L, Luo S X and Chen C J. Application of regular Geophysical Method in Geothermal Exploration in Wenquan town of Yingshan Country, Hubei Province. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2015, 31(2):182–187.

Abstract: Symmetrical quadrupole and three pole devices of electrical sounding are used for geothermal resources exploration in the hot spring town of Yingshan County, Hubei province. The authors collected a large number of geological data and overcome the limitations of a single sounding method and indentified the distributing rule of the structure which is the control of the underground hot water. According to the exploration results of geological and geophysical data, the validation of drilling work have reflection the good effect of the exploration.

Key words: geothermal resource exploration; electrical sounding; water-bearing fracture zone; Yingshan County, Hubei Province

地下热水是一种天然清洁能源, 也是一种具有经济效益的旅游资源。起源于地球内部的高温岩浆活动或者放射性物质的衰变作用, 在构造有利部位通过地下水的循环、地表水的混合作用把地下热能从深处带至近地表, 形成中、低温的温泉^[1]。

英山县域内, 前人曾进行了较多的有关地热地质勘(调)查工作, 通过对以前资料的综合分析^[2], 在芭茅街、杨柳湾两地共布置了 7 条电阻率测深剖面, 点距 20 m, 总电测深点数 80 个。芭茅街、杨柳湾工区位置分别位于英山县城北东的东河东岸

收稿日期: 2015-01-23; 修回日期: 2015-03-17

基金项目: 湖北省地勘基金项目资助(2009-I-06)。

第一作者: 刘磊(1981—), 男, 工程师, 从事常规电法与重磁勘查工作, E-mail: liulei_mailbox@163.com。

和英山县城东约 15 公里处、北东约 19 公里处。

1 工区地质及地球物理特征

1.1 地质特征

电测深工区位于东河东岸,地表均被第四系覆盖,为河流一级阶地,具二元结构,上部亚砂土、粉细砂,厚 7 ~ 10 m;下部为砂砾石,厚 5 ~ 20 m 不等。残坡积物主要为亚砂土夹碎石,厚度变化较大一般 1 ~ 3 m。

结合区域地质资料^[2],工区内基岩应主要为晚太古代大别山岩群,包括片麻岩岩组(ArDpg)和变粒岩岩组(ArDgr),二者呈构造(韧性剪切带)接触。调查区位于秦岭褶皱系大别山隆起东段大别造山带核部,岩浆活动频繁,变形作用多期,地质构造复杂,以韧性剪切构造为主,除先期的近水平顺层伸展型韧性剪切带,无根钩状褶皱、北西向逆冲推覆型韧性剪切带和平卧褶皱等外,与地热分布配置密切的构造主要为燕山、喜山期形成的北东向走滑型韧性剪切带和北东向脆性断层。北东东向逆断层 F85 可能贯穿芭茅街电测深工区,北西西向逆断层 F70 可能贯穿杨柳湾电测深工区。

1.2 地球物理特征

据收集的已有物性资料,区内分布的各岩类电性差异较明显,黑云角闪斜长片麻岩、黑云母花岗片麻岩电阻率较高,可高达数千欧姆米。风化片麻岩类电阻率随风化程度加深而降低,一般约数十至数百欧姆米。第四系残坡积层为 10 ~ 20 Ωm;地下水在 30 Ωm 以下,地热流体电阻率则有温度高电阻率低的特征。各类岩石、水的电性特征见表 1。综合上述分析,基岩中断裂破碎带随含水量的增大,明显呈低电阻异常特征,这是本次工作的地球物理前提。

2 电测深工作布置

芭茅街、杨柳湾电测深工区地貌为河流一级阶地地貌,地形十分平坦,但东侧紧临南北走向的东河,西侧紧临陡山,近东西向测线布线难度很大。因此顺河床方向四条测线(Ⅰ、Ⅱ、Ⅶ、Ⅷ)采用对称四极装置,垂直河床方向三条测线(Ⅲ、Ⅴ、Ⅵ)采用三极装置。各测线编号及布置见表 2,图 1,图 2,极距系列见表 3。

表1 勘查区岩石及流体电性参数表
Table 1 The electrical parameters of rock and fluid in exploration area

名 称	电 阻 率 (Ω m)	统 计 总 数	最 大	最 小	常 见 值
粘土、亚粘土、亚砂土					10~20
砂 砾 石					50~200
风化斜长片麻岩		148	575	34	83
黑云母斜长片麻岩		57	658	144	250
斜长片麻岩		144	12811	144	3780
风化花岗片麻岩		68	17743	101	1070
混合花岗岩		140	52333	251	3610
黑云母花岗片麻岩		29	8932	4	19570
地	34℃				19.4
热	35℃				18.8
流	63℃				13.0
体	72.5℃				12.5
地 下 水					30

3 成果解释推断

综观 7 条测线电测深曲线形态(图 3、图 4),基本分为两种曲线类型:靠近河边的测点呈 H 型即高电阻-低电阻-高电阻三层曲线,远离河边的测点呈 G 型即低电阻-高电阻二层曲线。

H 型电测深曲线地表高阻层反映了潜水面之上地表砂砾石层,低电阻层反映了含水砂砾石层,深部高电阻层则反映了大别群变质岩。G 型电测深曲线,浅部低电阻为地表耕植土和其下含水砂砾石层的反映,深部高电阻层则反映了大别群变质岩。与东河走向近于垂直的测线,由西向东地表高电阻层逐渐尖灭,反映了距河床由近到远,砂砾石层由

表2 电测深工作量统计表
Table 2 Electrical sounding workload statistics

测线编号	端点号	端点坐标 (m)		电测深装置	测深点数 (个)	备注
I	500	X: 3408906.6	Y:20380634.5	对称四极	15	芭茅街
	780	X: 3409141.1	Y: 20380787.5			
II	560	X: 3408896.7	Y:20380759.4	对称四极	15	芭茅街
	840	X: 3409131.2	Y:20380912.4			
III	580	X: 3409092.5	Y:20380731.9	三极	10	芭茅街
	760	X: 3408883.8	Y:20380995.9			
V	520	X: 3412632.7	Y:20382172.8	三极	10	杨柳湾
	700	X: 3412537.3	Y: 20382325.4			
VI	500	X: 3412762.0	Y:20382230.0	三极	10	杨柳湾
	680	X: 3412666.6	Y:20382382.6			
VII	520	X: 3412605.1	Y:20382179.1	对称四极	10	杨柳湾
	700	X: 3412757.8	Y:20382274.5			
VIII	540	X: 3412546.6	Y:20382279.9	对称四极	10	杨柳湾
	720	X: 3412675.0	Y:20382405.9			

表3 直流电测深极距系列表
Table 3 Electrical sounding distance statistics

AO(m)	3	6	9	15	25	40	60	90	140	220	320	450
MN/2(m)	0.3	0.6	0.9	1.5	2.5	4.0	6.0	9.0	14	22	32	45

厚变薄逐渐尖灭的特征。

在视电阻率断面图上,深部的高电阻层在横向变化上局部出现等值线向下扭曲的舌状低电阻异常、或者出现两侧电阻率差异较大的电性界面,应为断裂破碎带、断层的反映。各测线电测深资料解释^[3,4,5,6,7]如下。

3.1 芭茅街电测深工区

3.1.1 I 线

I 线电测深视电阻率断面图,清楚的显示断面显高阻-低阻-高阻三层特征。地表高阻层为第四系潜水面之上的砂砾石层,其下低阻层($\leq 200 \Omega m$)为基岩面上部第四系含水砂砾石层,深部高阻层为大别群变质岩。在极距(AB/2)140 m 下、测

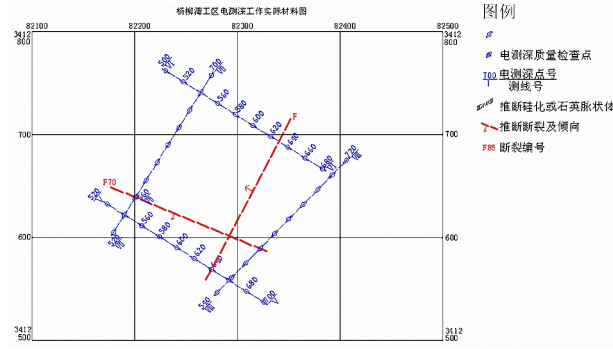


图1 杨柳湾工区工作布置图

Fig. 1 Engineering layout plan in Yangwan area

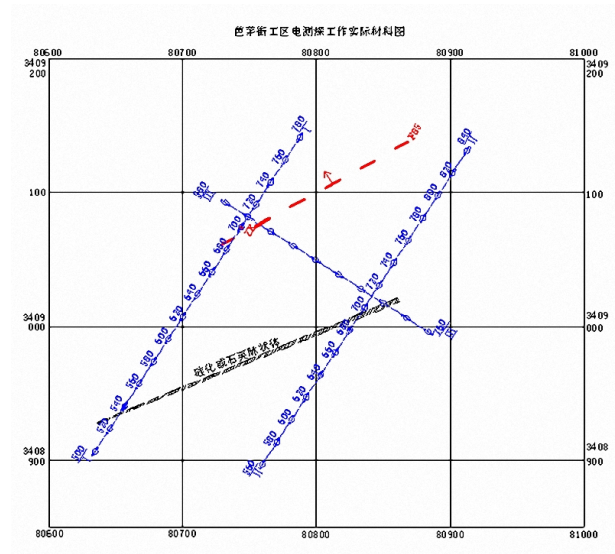


图2 芭茅街工区工作布置图

Fig. 2 Engineering layout plan in Bamao Street area

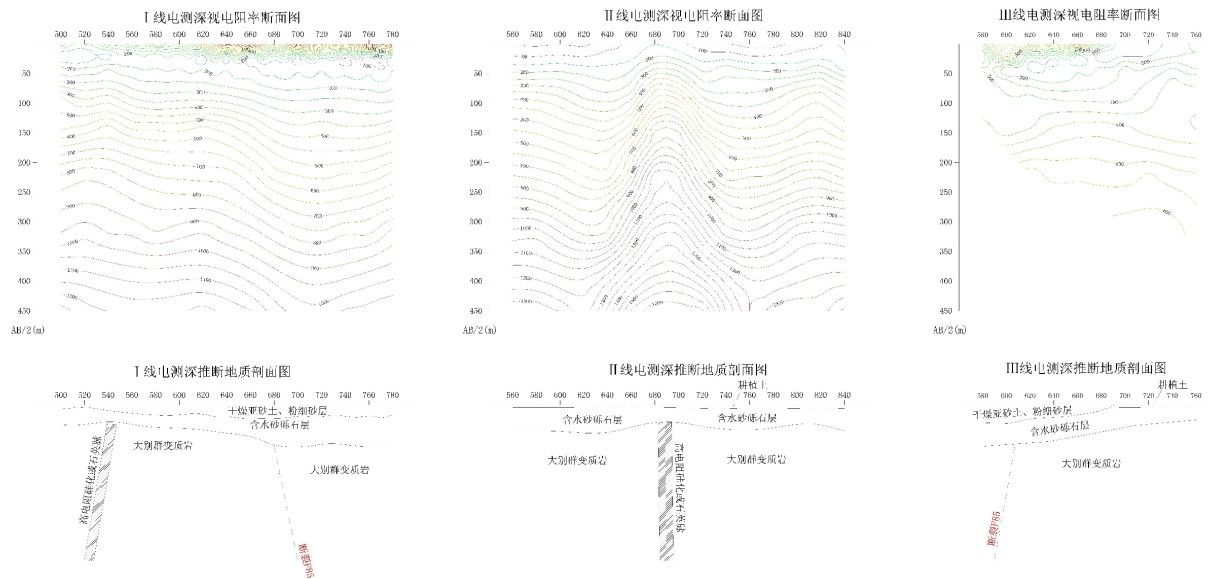


图3 芭茅街电测深综合剖面图

Fig. 3 Electrical sounding comprehensive profile in Bamao street

点 680 点 ~ 720 点间呈舌状低阻异常,推断为基岩中断裂破碎带 F85 (700 点与英山县地热公司的钻孔同点位,井中水温 $> 40^{\circ}$),断裂略向大号端(北东)倾斜。低阻异常形态较为宽缓,可能为测线与断裂交角较小所致。

3.1.2 II 线

II 线电测深视电阻率断面图,显示断面为低阻-高阻二层特征。与同方向的 I 线相比较,没有地表高阻层,是由于 II 线远离东河,地表为耕植土而非干燥的砂砾石层。深部高阻层为大别群变质岩。

在极距(AB/2)40 m 下,测点 660 点 ~ 720 点间有一直立的高阻异常,推断为基岩中硅化蚀变带或充填石英等高电阻率的直立脉。这高阻脉状体与 I 线电测深视电阻率断面图中 520 ~ 540 点间高阻异常有对应关系。I 线电测深视电阻率断面图反映出的舌状低阻异常在 II 线电测深视电阻率断面图没有显示,推断断裂 F85 位于 II 线北侧外。

3.1.3 III 线

III 线采用三极电测深装置,由于大极距供电 A 极横跨 40 余米宽的河流,大极距电阻率值明显畸

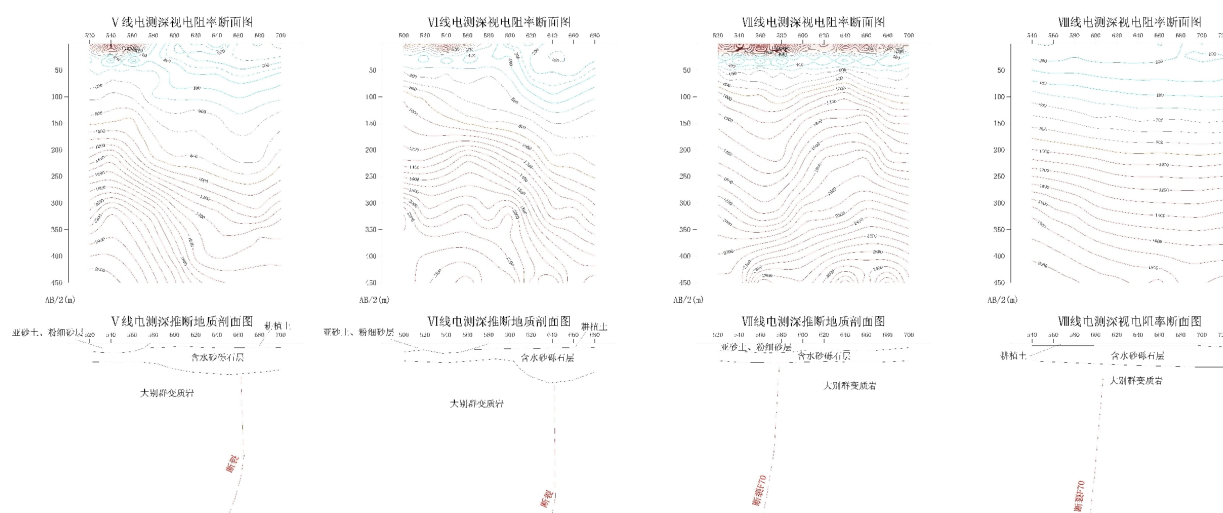


图4 杨柳湾电测深综合剖面图

Fig. 4 Electrical Sounding comprehensive profile in Yangliuwan area

变,因此只能用位于电极均位于河流东侧的数据。

Ⅲ线电测深视电阻率断面图,小号段显示断面显高阻—低阻—高阻三层特征,大号段显示为低阻—高阻二层特征。两段特征分别与Ⅰ线和Ⅱ线一致,解释结果同上。在600点处深部有低阻异常形迹,可能为F85断裂的反映。

综合上述三条测线电测深资料,推断在芭茅街测区存在一条北东东高阻脉状体(硅化或石英脉)和一条北东东向断裂(F85)。建议将Ⅱ线电测深剖面向北延长以追索F3断裂走向。钻孔宜布置在Ⅰ线720点处,孔深大于200 m。

3.2 杨柳湾工区

3.2.1 V线

V线电测深视电阻率断面图,小号段显示断面显高阻—低阻—高阻三层特征,大号段显示为低阻—高阻二层特征。

小号段靠近东河,地表高阻层为第四系潜水面之上的砂砾石层,其下低阻层($\leq 200 \Omega\text{m}$)为基岩面上部第四系含水砂砾石层,深部高阻层为大别群变质岩。

大号段远离东河,地表为耕植土而非干燥的砂砾石层。深部高阻层为大别群变质岩。

在极距(AB/2)90 m下、测点620点~680点间有一舌状低阻异常,推断为基岩中断裂破碎带,断裂向小号端(北西向)倾斜。

3.2.2 VI线

VI线和与之平行的V线电测深视电阻率断面

图特征基本相同,小号段显示断面显高阻—低阻—高阻三层特征,大号段显示为低阻—高阻二层特征。

小号段靠近东河,地表高阻层为第四系潜水面之上的砂砾石层,其下低阻层($\leq 200 \Omega\text{m}$)为基岩面上部第四系含水砂砾石层,深部高阻层为大别群变质岩。

大号段远离东河,地表为耕植土而非干燥的砂砾石层。深部高阻层为大别群变质岩。

在极距(AB/2)90 m下、测点640处有一舌状低阻异常,推断为基岩中断裂破碎带,断裂向小号段方向(北西向)倾斜。

3.2.3 VII线

VII线电测深视电阻率断面图显示为高阻—低阻—高阻三层特征,测线靠近东河,地表高阻层为第四系潜水面之上的砂砾石层,其下低阻层($\leq 200 \Omega\text{m}$)为基岩面上部第四系含水砂砾石层,深部高阻层为大别群变质岩。

在极距(AB/2)90 m下、测点540~580点之间有一舌状低阻异常,推断为基岩中断裂破碎带,断裂向小号端(南)倾斜。

3.2.4 VIII线

VIII线电测深视电阻率断面图显示为低阻—高阻二层特征。测线远离东河,地表为耕植土而非的干燥的砂砾石层。深部高阻层为基岩。电阻率等值线上部呈水平线性排列,只是在极距(AB/2)320 m下、测点580处的有一电性界面,大号段(测线北

段)电阻率明显下降,深部可能有断裂存在。

4 结论

通过对电测深资料的综合分析^[2],推断在芭茅街工区存在一条北东东高阻脉状体(硅化或石英脉),并确定断层 F85 在芭茅街工区的位置和产状(略向北东倾斜)。确定了断层 F70 在杨柳湾工区的位置和产状(略向南倾斜),并推断在杨柳湾工区存在一条北北东向断裂(略向西倾斜)。建议钻孔布置在 I 线 720 点处, V 线 640 点处,孔深大于 200 m。根据湖北省地质环境总站的地热勘查报告^[2],在芭茅街工区内物探建议钻孔附近做了钻探工作,孔深为 270.26 m,单井涌水量为 391.85 m³/d,孔口温度为 48.0℃。

本次工作说明,单一使用电测深法,在工区内地质资料详细的情况下,对于地下含水构造、裂隙

带的划分还是有比较好的效果。对配合地方上开展地热资源勘查起到了积极的作用。

参考文献:

- [1] 张 勇, 孙祥民. 综合物探方法在王家庄地热田勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2010, 34(6): 810-813.
- [2] 牛俊强, 等. 湖北省英山县温泉镇地热资源勘查报告[R]. 湖北省地质环境总站, 2012.
- [3] 魏荣科. 浅议电法找水中的一个误区[J]. 中国煤田地质, 2006, 18(5): 58-59.
- [4] 刘得福, 吕旭红, 任多魁. 综合电法在祁连山山前缺水寻找地下水的应用[J]. 物探与化探, 2006, 30(1): 41-44.
- [5] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 北京: 地质出版社, 1983.
- [6] 陈绍求, 陈灿华. 电阻率测深探测红层中的地下水[J]. 中南工业大学学报, 1998, 29(3): 212-215.
- [7] 郑东明, 叶松青, 孟庆龙, 成建勋, 游君君. 基岩山区找水电测深曲线解释初探[J]. 吉林地质, 2005, 24(3): 76-79.