

综合电法在花岗岩地区找水中的应用效果分析

时彦芳,李 波

山东省地质矿产勘查开发局 801 水文地质工程地质大队,山东 济南 250014

摘 要: 花岗岩地区一般地下水匮乏,找水难度相对较大,采用单一的物探方法效果常常不理想。近年来,通过多幅 1:5 万水文地质调查工作,采用综合电法在花岗岩地区确定了多处井位,均取得了满意的效果。本文选取 2 处定井实例,分析了高密度电法剖面 and 激电测深曲线在花岗岩地区相对富水区域的电性特征。实践证明,高密度电法和激发极化法相结合,可以提高定井的效率和准确性,在同类地层找水工作中具有一定的借鉴意义。

关键词: 高密度电法;激发极化法;地下水;花岗岩

开放科学标志码(OSID):



DOI: 10.13686/j.cnki.dzyzy.2020.04.009

ANALYSIS ON THE APPLICATION EFFECT OF INTEGRATED ELECTRICAL METHOD IN WATER PROSPECTING IN GRANITE REGIONS

SHI Yan-fang, Li Bo

No. 801 Hydrogeology Engineering Geological Brigade, Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources, Jinan 250014, China

Abstract: As granite regions are generally short of groundwater, it is relatively difficult to find water, and the results of using a single geophysical method are often unsatisfactory. In recent years, through a series of 1:50000 hydrogeological surveys, the integrated electrical method is used to determine several well locations in granite regions, which all have obtained satisfactory results. Two examples of locating wells are selected to analyze the electrical characteristics of the high-density electrical profile and IP sounding curve in the relatively water-rich granite regions. The practices prove that the combination of high-density electrical method and IP method can improve the efficiency and accuracy for locating wells, and can also be used as reference for water prospecting in similar strata.

Key words: high-density electrical method; IP method; groundwater; granite

0 引言

自 2016 年以来,中国地质调查局水文地质环境地质调查中心在山东省陆续开展了多幅 1:5 万水文地质调查工作;山东省地质矿产勘查开发局先后承接了颜庄幅、大汶口幅、新泰新汶幅等水文地质调查工作。在揭示区域水文地质规律,查找与地下水有关的地质环

境问题,提高水文地质调查程度和研究水平的同时,钻探了多眼探采结合井。探采结合井在满足水文地质调查的情况下,多部署在能解决实际民生问题的地区。花岗岩地区地质条件复杂,成井难度大,对物探找水定井提出了更高的要求^[1-14]。

依据不同地下水含水岩组类型,相对应的地下水

收稿日期:2020-03-12;修回日期:2020-04-15。编辑:张哲。

基金项目:山东省地质勘查项目“山东省 1:5 万区域水文地质调查(新泰幅、新汶幅)”(鲁勘字[2018]44 号)。

作者简介:时彦芳(1983—),男,硕士,高级工程师,主要从事物探勘查技术与工程,通信地址 山东省济南市经十路 13632 号,E-mail//272151912@qq.com

类型可划分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水和岩浆岩变质岩类裂隙水^[15-19]。花岗岩地区属裂隙水类型,地下水相对贫乏,变化较大,采用单一的物探方法难以满足找水需求^[20-24]。本次颜庄幅、大汶口幅水文地质调查定井工作采用了综合电法对地下水进行勘查,通过后期钻探验证,取得了良好的效果,积累了在花岗岩等类似复杂地区找水的经验^[25-26]。

1 方法选择原则

花岗岩地区较其他岩性地区有其特殊性,在花岗岩地区找水物探工作需要解决两方面的问题:1)寻找风化破碎、断裂等蓄水部位;2)判断其富水性。常用的物探找水方法有多种,本次水文地质调查依据调查区实际情况采用了综合电法即高密度电法、激发极化电法相结合,在水文地质工作选定靶区的基础上,首先进行高密度剖面测量确定断裂构造或较大破碎、裂隙的平面位置及破碎发育深度,初步选定钻井位置,然后在选定位置附近开展激电测深工作,进一步确定含水层的埋藏深度,综合分析其富水特性。

2 使用仪器与参数选择

2.1 高密度电法使用仪器与参数

高密度法勘查工作使用重庆奔腾数码研究所生产的 WGMD-9 超级高密度电法系统。该系统数据采集可靠,反映的地电信息丰富,一次布极可完成一种或多种装置的测量工作。

装置形式选用温纳装置,电极距 5 m,隔离系数 19。

2.2 激发极化法使用仪器与参数

本次工作使用重庆地质仪器厂生产的 DZD-6 多功能直流电法(激电)仪,可自动测量并存储电压、电流、视电阻率及自然电位参数,利用视电阻率法和激发极化法的有关参数,广泛用于地下水资源勘查中。

工作中采用 AB:MN=5:1 的对称四极等比装置,最小 AB/2=3.5 m,最大 AB/2=500 m。具体极距排列如下:

AB/2=3.5, 5, 7, 10, 14, 20, 28, 38, 50, 65, 80, 100, 130, 170, 220, 280, 350, 420, 500 m。MN/2=0.2AB/2。

供电时间 30 s,供电周期 70 s,工作期间开工与收工

不极化电极自电电压不超过 2 mV。

3 应用实例

3.1 颜庄幅龙子峪村水文定井

1)地质及地球物理特征

拟定井区域位于龙子峪村东北刘家庄水库西侧的丘陵地带(图 1),为厚风化层。工作区大面积出露火成岩体,岩性单一,为条带状中粒二长花岗岩,周围无井。正常条件下,完整的二长花岗岩视电阻率较高,为 1000~10000 Ωm 。岩石风化破碎后视电阻率降低,明显低于完整岩石的电阻率,呈低阻异常。异常处为物探定井重点区域。

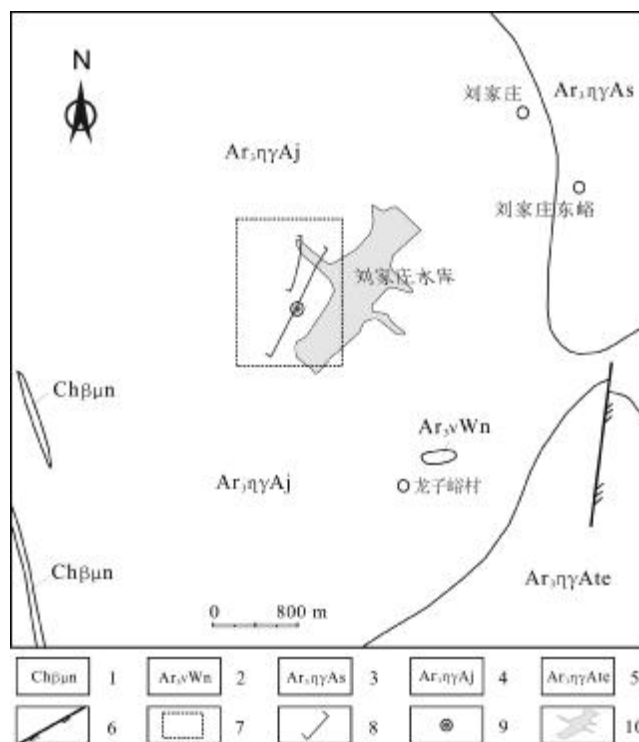


图 1 龙子峪地区地质概图

Fig. 1 Geological sketch map of Longziyu area

1—辉绿岩 (diabase); 2—中细粒变辉长岩 (medium-fine grained metagabbro); 3—中粒二长花岗岩 (medium-grained monzogranite); 4—条带状中粒二长花岗岩 (banded medium-grained monzogranite); 5—中粒含黑云二长花岗岩 (medium-grained biotite-bearing monzogranite); 6—断裂 (fault); 7—工作区 (work area); 8—物探测线 (geophysical survey line); 9—拟定孔位 (proposed hole position); 10—水库 (reservoir)

2)物探工作布设及资料解释

依据场地条件布设 2 条近东西向测线,编号为 L1、L2。剖面总长度 900 m,点距 5 m。

对高密度数据采用瑞典 RES2DINV 程序进行反演后发现 L1 线低阻异常最明显。从 L1 线高密度电法原始剖面 and 反演剖面对比图(图 2)可以看出,整条剖面从浅部至深部 ρ_a 值表现为由低逐渐变高的特征,在剖面 160~460 m 间,深度 0~90 m 为低阻反映;剖面 0~160 m、460~600 m 间表现为相对高阻反映。在低阻向下延伸最深处岩石相对较破碎,并具有一定的含水性。

结合场地实际情况,建议在剖面 L1 线 280 m 附近开展激电测深工作,进一步分析判断其含水特性。

3) 钻孔位置确定与含水层埋藏深度分析

图 3 为 L1 剖面 280 m 处激电测深曲线。电测深曲线在 AB/2=28~80 m 低缓上升;视极化率 M1 在 AB/2=28~80 m 为上升段,数值相对较高,在 AB/2=80~280 m 视极化率 M1 上升较陡,推断该段含硫化物成分;半衰时 T_0 在 AB/2=14~130 m 间出现较明显高值,综合分析推测在 28~80 m 为岩石主要破碎、含水段。依据本区域经验系数(选取 0.75),经深度校正后岩石主要破碎、含水段为 20~60 m 区间。

建议拟定钻孔布置在 L1 剖面 280 m 处,深度 100 m 为宜。

4) 钻探验证情况

该孔钻探深度 100 m,揭露岩性为二长花岗岩,岩石风化强烈,全孔岩心破碎,单孔涌水量 7 m³/h,基本

可以满足附近农田灌溉需求。

3.2 大汶口幅彩山村水文定井

1) 地质及地球物理特征

拟定井区域位于磁窑镇彩山村西。第四系较薄,为 10~20 m。村南有近东西向分布冲沟,冲沟南侧为弱片麻状中粗粒黑云角闪石英闪长岩。冲沟北侧地层为细粒二长花岗岩,分布若干大口井,无深井。本次定井重点区域选在冲沟处岩性变化界面附近。

2) 物探工作布设及资料解释

拟定井区域共布设高密度测线 2 条,分别为 CS-1 线、CS-2 线,近南北向布设,剖面长度 500 m。对高密度数据采用瑞典 RES2DINV 程序进行反演后发现 CS-2 线低阻异常最明显,从 CS-2 线高密度电法原始剖面 and 反演剖面对比图(图 5)可见,自浅部至深部视电阻率值逐渐变大,为第四系和基岩反映。其中,CS-2 线水平位置 220~320 m 区域垂向上视电阻率等值线呈高阻—低阻—高阻之变化趋势,整体呈 U 型低阻异常,推测该部分岩石较破碎,岩性有变化。结合后期钻孔资料可知,高阻部分对应花岗岩地层,低阻部分对应闪长岩地层。

结合场地实际情况,建议在剖面 CS-2 线 280 m 附近开展激电测深工作,进一步分析判断岩性界面含水特性。

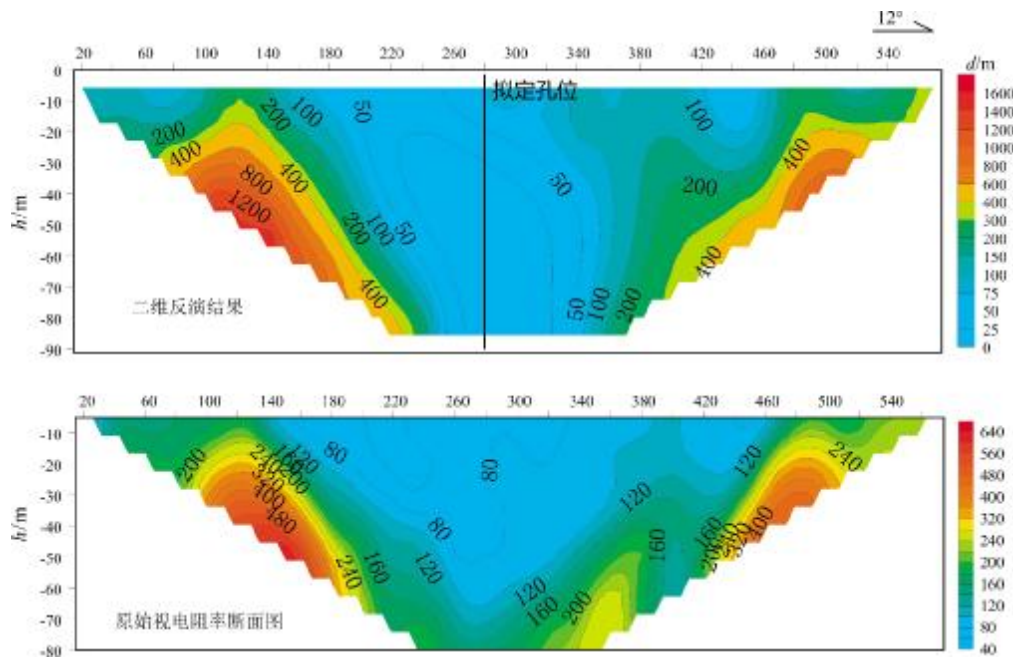


图 2 L1 线视电阻率等值线断面图

Fig. 2 Profile of apparent resistivity isoline along L1 line

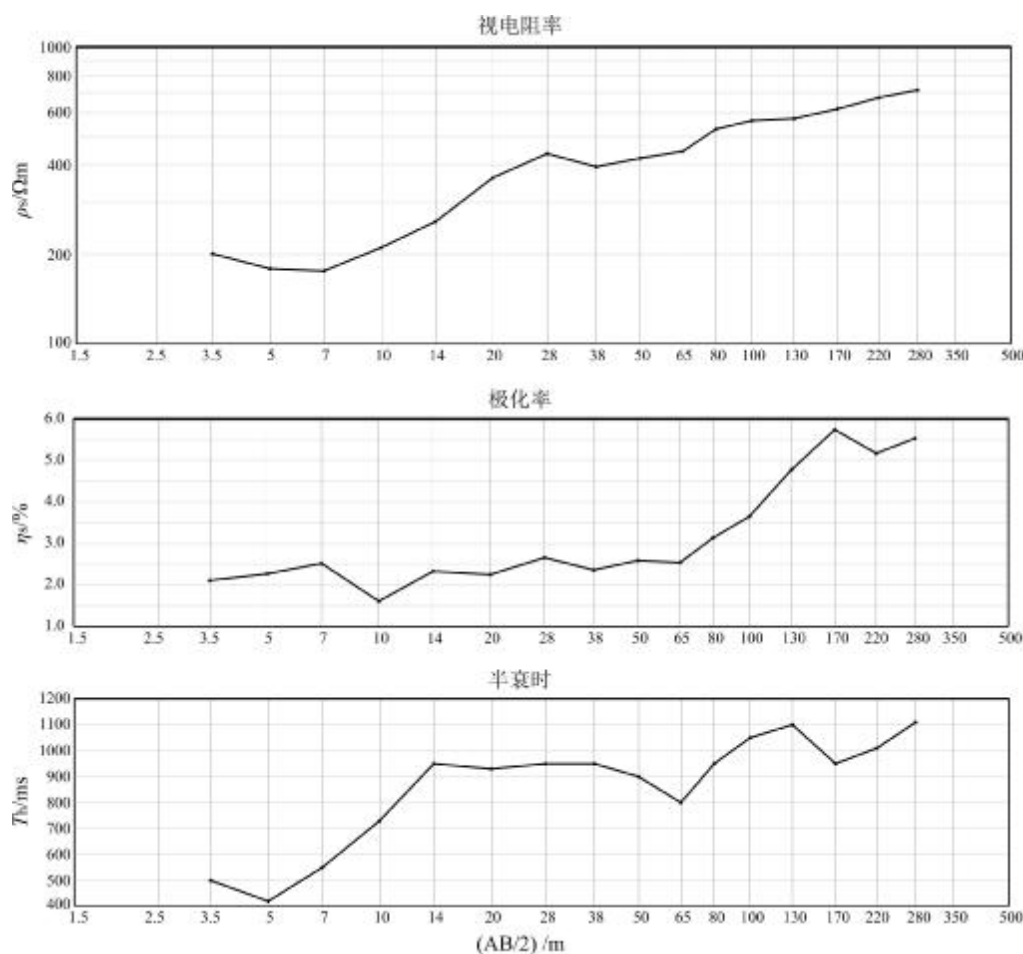


图3 拟定孔位处激电测深曲线图

Fig. 3 IP sounding curves of proposed hole position

3) 钻孔位置确定与含水层埋藏深度分析

图6为CS-2剖面280 m处激电测深曲线,电测深曲线在 $AB/2=65\sim 220$ m低缓上升,对应视极化率M1和半衰时 $T_{1/2}$ 同步上升,数值相对较高.综合分析推测在 $AB/2=65\sim 220$ m为岩石主要破碎、含水段.依据本区域经验系数(选取0.7),经深度校正后岩石主要破碎、含水段为45~150 m区间.

建议拟定钻孔布置在CS-1剖面280 m处,深度150 m为宜.

4) 钻探验证情况

该孔钻至104 m后岩石破碎塌孔严重,无法成井,终孔深度108.3 m.揭露岩性45 m以浅为二长花岗岩;45~105 m为闪长岩,岩性破碎;105 m以下为二长花岗岩.含水层段与物探推测较吻合,主要出水点集中在岩性变化界面处和风化闪长岩内,单孔涌水量大于 $15\text{ m}^3/\text{h}$,远远超出预计出水量,可以满足附近农

田灌溉及周围群众用水需求.

4 结论

1) 水文地质是基础,物探勘探是方法,水文、物探多学科融合是关键.水文地质人员依据地下水汇流条件,通过水文地质调查遴选出具有找水前景的调查靶区,在靶区内进行水文物探定井工作.调查靶区选择合理与否,直接关系到后期的定井、成井质量.水文地质调查与物探联合定井在找水过程中特别是在找水困难地区是既快又准找到水的捷径,值得推广.

2) 花岗岩地区岩石破碎,富水段在高密度电法剖面图上表现为“V”“U”型低阻异常,低阻特征反映了岩石破碎程度,视电阻率值越低,说明岩石越破碎.在低阻异常处开展的激电测深曲线可以反映垂向上岩石的物性变化特征,视电阻率较平缓、数值较低;极化率高于背景值;半衰时增大部位为富水性较好地段.厚层风

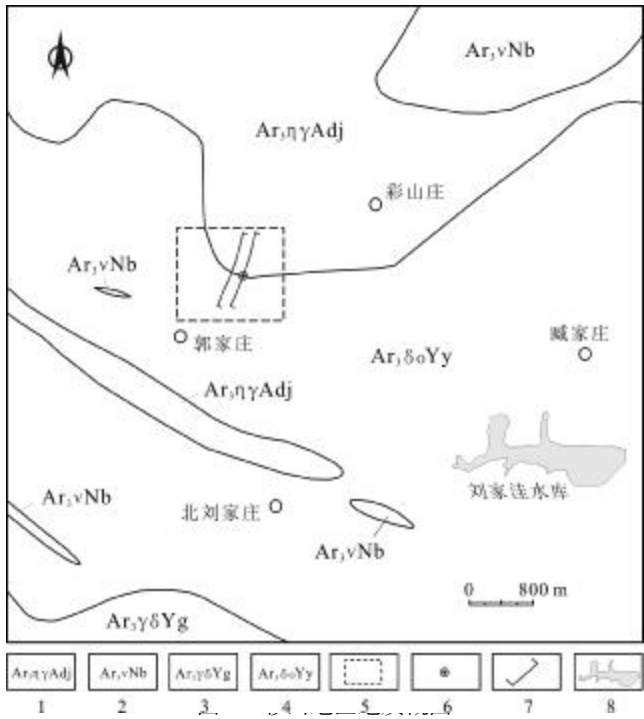


Fig. 4 Geological sketch map of Caishan area

1—细粒二长花岗岩(fine-grained monzogranite); 2—中粗粒变角闪辉长岩(medium- and coarse-grained metahornblende gabbro); 3—含黑云花岗岩 (biotite-bearing granodiorite); 4—中粗粒角闪石英闪长岩 (medium- and coarse-grained hornblende quartz diorite); 5—工作区 (work area); 6—物探测线(geophysical survey line); 7—拟定孔位 (proposed hole position); 8—水库(reservoir)

化壳和断裂构造或岩性变化界面, 是物探找水定井的目标区域。

3)花岗岩地区找水定井相对沉积岩地层来说有其特殊性,由于花岗岩电阻率数值整体偏高,风化、破碎处低阻异常更明显。而由于火成岩中常含有微量电子

导体,容易引起激电干扰异常使极化率异常增大,在对含水段判读过程中,尤其要注意极化率大于 5%而电阻率又反映为低阻的地层段。

4)高密度电法具有快速、效率高、抗干扰能力强的特点,与激电测深相结合进行物探定井,能提高找水效率和找水准确性,不失为一种较好的电法组合物探定井方法,值得在花岗岩地区物探定井中推广应用。

参考文献:

[1] 韩子夜,武毅,杨进生,等. 西部严重缺水地区地下水勘查技术方法体系研究[J]. 水文地质工程地质,2007,34(2):81-86.
[2] 李金铭. 激发极化法方法技术指南[M]. 北京:地质出版社,2004:20-57.
[3] 李华,焦彦杰,吴文贤,等. 西南岩溶地区找水的地球物理方法探讨[J]. 水文地质工程地质,2011,38(5):1-6.
[4] 张顺东. 山丘区勘查找水实例与分析[J]. 工程地球物理学报,2013,10(2):190-194.
[5] 李智民,刘云彪,赵德君,等. 鄂北严重缺水地区地下水富集模式与找水实践[J]. 资源环境与工程,2014,28(6):899-903.
[6] 长春地质学院《水文地质工程地质物探教程》编写组. 水文地质工程地质物探教程[M]. 北京:地质出版社,1980:17-85.
[7] 许艳,王洪杰,殷继广,等. 激电测深衰减参数在东平山丘区找水中的应用[J]. 物探与化探,2014,38(4):684-687.
[8] 宋希利,林海,姜春永,等. 电阻率测深法在云南省玉溪市抗旱找水定井中的应用[J]. 山东国土资源,2011,27(7):22-24,28.
[9] 刘伟,李泽坤. 饮水困难区地下水勘察新技术的应用[J]. 地质与勘探,2010,46(1):147-152.
[10] 宋云峰,武爱华,李雪梅. 变质岩山区高密度电法找水案例[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2014,45(2):272-275.
[11] 李金铭. 激电找水[M]. 北京:地质出版社,1996:22-54.

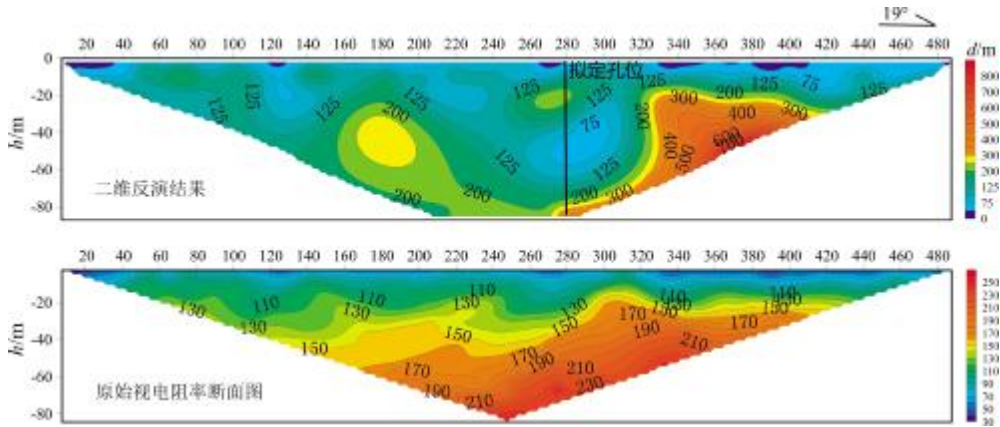


图 5 CS-2 线视电阻率等值线断面图

Fig. 5 Profile of apparent resistivity isoline along CS-2 line

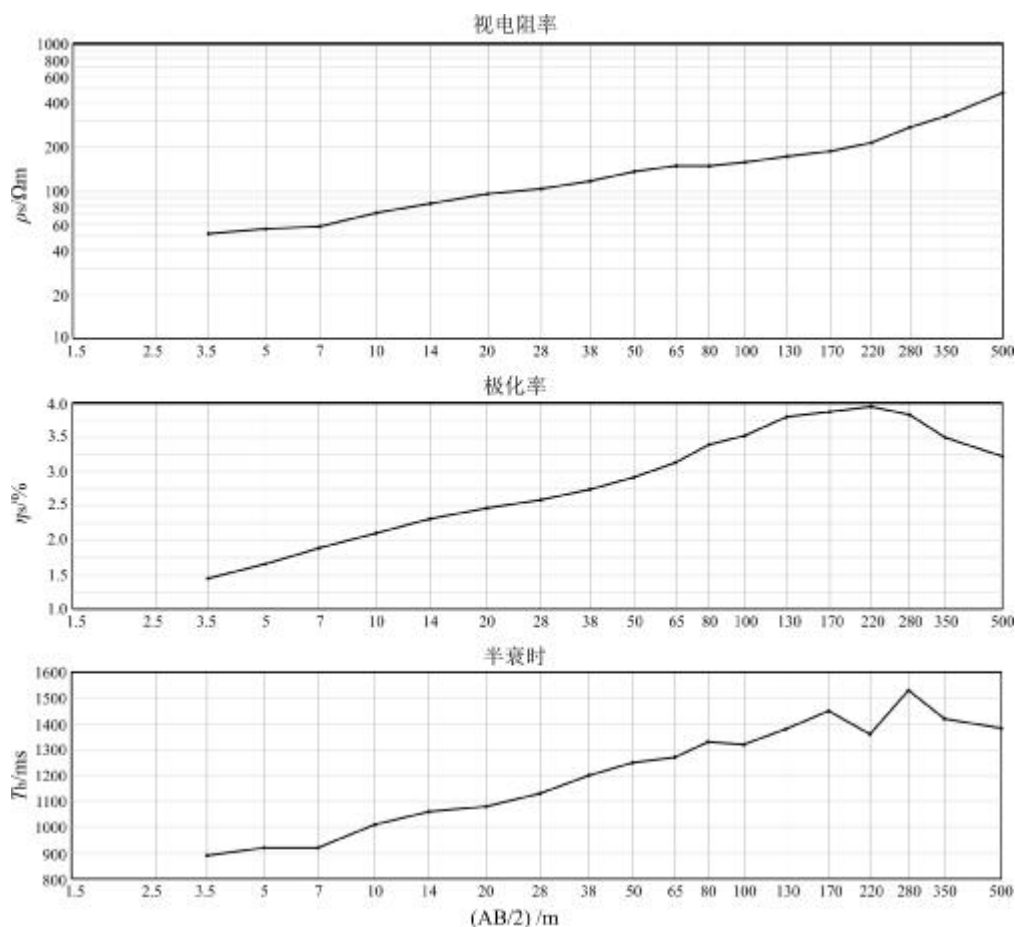


图6 拟定孔位处激电测深曲线图

Fig. 6 IP sounding curves of proposed hole position

- [12]沈照理. 水文地质学[M]. 北京:科学出版社,1985:10-105.
- [13]梁开华,朱裕振,沈礼峰. 高密度电阻率法在潍坊抗旱找水中的应用研究[J]. 地下水,2013,35(4):112-113.
- [14]刘慧娥,李松涛,周光红,等. 激电测深法在内蒙古中部地区寻找地下水中的应用[J]. 西南科技大学学报,2013,28(2):46-51.
- [15]宋希利,宋鹏,田明阳,等. 物探方法在侵入岩地区抗旱找水定井中的应用[J]. 地球物理学进展,2012,27(3):1280-1286.
- [16]底青云,石昆法,王妙月,等. CSAMT法和高密度电法探测地下水资源[J]. 地球物理学进展,2001,16(3):53-57.
- [17]吴子泉,尹成. 电阻率横向剖面法及其在隐伏断层探测中的应用研究[J]. 地球物理学报,2007,50(2):625-631.
- [18]陈玉玲,甘伏平,卢呈杰,等. 裸露岩溶区地下河管道综合地球物理方法探测研究[J]. 地球物理学进展,2013,28(3):1608-1616.
- [19]张先林,许强,彭大雷,等. 高密度电法在黑方台地下水探测中的应用[J]. 地球物理学进展,2017,32(4):1862-1867.
- [20]程光贵. 高密度电法在渝东南地区找水勘察中的应用[J]. 地下水,2013,35(3):106-109.
- [21]张增奇,刘明渭. 山东省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1996:35-66.
- [22]王启军,胡延林,都兴锋,等. 高密度电阻率法在工程勘察中的应用[J]. 地球物理学进展,2009,24(1):335-339.
- [23]陈松,余绍文,刘怀庆,等. 高密度电法在水文地质调查中的应用研究——以江平圩幅为例[J]. 地球物理学进展,2017,32(2):849-855.
- [24]黄真萍,胡艳,朱鹏超. 高密度电阻率勘测方法分辨率研究与探讨[J]. 工程地质学报,2014,22(5):1015-1021.
- [25]陈敏知,唐仲华,罗其海. 高密度电阻率法在三维含水层建模中的应用——以仙桃彭场镇幅为例[J]. 工程地球物理学报,2015,12(5):644-649.
- [26]姜振蛟,卞建民,查恩爽,等. 高密度电阻率成像法在水文地质领域中的应用[J]. 水文地质工程地质,2010,37(2):21-26.