

EH-4 大地电磁测深系统在山东临淄地区岩溶裂隙水勘查中的应用

杨宏智^{1,2}, 吕小红³, 赵德庆², 李峰²

(1. 桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004; 2. 山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013; 3. 山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:EH-4 大地电磁测深系统是较为先进的电磁法勘探仪器,因其轻便高效、勘探深度大和反映直观的优点而广泛应用于矿产勘查和工程水文勘查中。山东淄川地区岩溶裂隙水勘查中,通过 EH-4 电磁测深工作并结合实地水文地质调查,在确定了构造带的水源补给及赋水条件的情况下,找到了含水断裂带或裂隙带,根据地质体的电性差异来测定构造带的宽度、延深、产状及赋水性,资料显示异常清晰、显著,且与钻探验证结果位置吻合,取得了较好效果。也为 EH-4 系统在深部水文勘查中的应用指明了方向。

关键词:EH-4 大地电磁测深;岩溶裂隙水;应用;山东临淄

中图分类号:P631.325

文献标识码:B

随着城市发展进程的加快及城市人口的增加,城市建设用水和人民群众生活用水出现紧缺。为保证城市用水的安全,山东临淄拟在原有水源地上游地段建立新的水源地。新水源地勘查中 EH-4 大地电磁测深系统的运用发挥了较大作用,在该地区找水,首先要根据各含水层尤其是裂隙岩溶水含水层的电性特征差异,推断其埋深条件及空间分布规律,查明区域性断裂带的空间分布特征^[1]。再根据区域水文地质条件判断其富水性,圈定富水地段,确定水源地的边界。最后通过钻探验证,从而寻找到赋存在裂隙岩溶或破碎带中的脉状裂隙水。

1 区域水文地质特征

工作区范围内出露的地层主要有:寒武系、奥陶系、石炭系和第四系(图 1)。寒武纪岩性以泥质条带灰岩、白云质灰岩及竹叶状灰岩为主。奥陶纪岩性以白云质灰岩、白云岩和含燧石条带和燧石结核的白云岩组成。石炭纪岩性为一套砂页岩含煤层夹薄层灰岩的海陆交互相沉积岩。第四系以粘质砂土、砂质粘土夹卵砾层为主。

区内构造比较复杂,以 NNW, NE, NEE 和 SN

向断裂构造为主(图 1)。断裂具多期活动性质。对地层分布和地下水运动起控制作用的主要构造为: $F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}$ 组成的断裂带和 F_{12}, F_3 等。

该区岩溶水系统为一相对独立的水文地质单元,水文地质边界条件清楚。一条区域性河流流经工作区,南部边界为一有侧向径流补给的边界,工作区内地表、地下分水岭位置相近,因而东、西两侧的边界南部均为地表分水岭、北部则分别以 F_3 和 $F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}$ 组成的断裂带为界;北部边界为山前奥陶纪灰岩隐伏区。原水源地位于该水文地质单元的排泄区,其主要地下水含水层为松散岩类孔隙水含水层、碳酸盐岩类裂隙岩溶水含水层 2 大类型,其中奥陶纪马家沟群石灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩裂隙岩溶含水岩组是主要供水含水岩组。

原水源地地下水的主要补给来源为大气降水的入渗补给和河流河道渗漏补给。主要地貌类型为低山丘陵区,群山广布,沟谷纵横,寒武—奥陶纪碳酸盐岩大面积出露,地表岩溶裂隙发育良好,有利于大气降水的入渗补给,大气降水沿裂隙岩溶下渗后转化为地下水^[2]。

* 收稿日期:2012-10-10;修订日期:2013-01-08;编辑:曹丽丽

作者简介:杨宏智(1982—),男,山东济南人,工程师,主要从事地球物理深部找矿工作;E-mail: yanghongzhi830@126.com。

原水源地上游地段为该水文地质单元的补给、径流区,地表岩溶发育,有利于地下水的下渗、补给,地下水在接受大气降水的入渗补给后,由两侧地下分水岭向 $F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}$ 组成的断裂带内汇集。该断裂带作为工作区内的主要控水构造,是一组近 NE 向的经多期构造运动呈压扭性的区域性断裂,该断裂东支主干断裂为阻水断裂,断裂破碎带内裂隙岩溶发育,是东、西、南部地下水、地表水的汇集区,地下水最终断裂带向北径流排泄到原水源地。

通过分析,认为工作区内的 $F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}$ 组成的断裂带为该次重点工作地段,是主要的地下水储存及运移场所。从已知的区域地质报告中研究附近的断裂构造,结合实地的水文地质调查,在确定了构造带的水源补给及赋水条件的情况下,确定了可能的含水断裂带或裂隙带,再用物探方法来充分测定构造带的宽度、延深、产状及赋水性,从而达到在断裂带利用物探方法找水的目的。

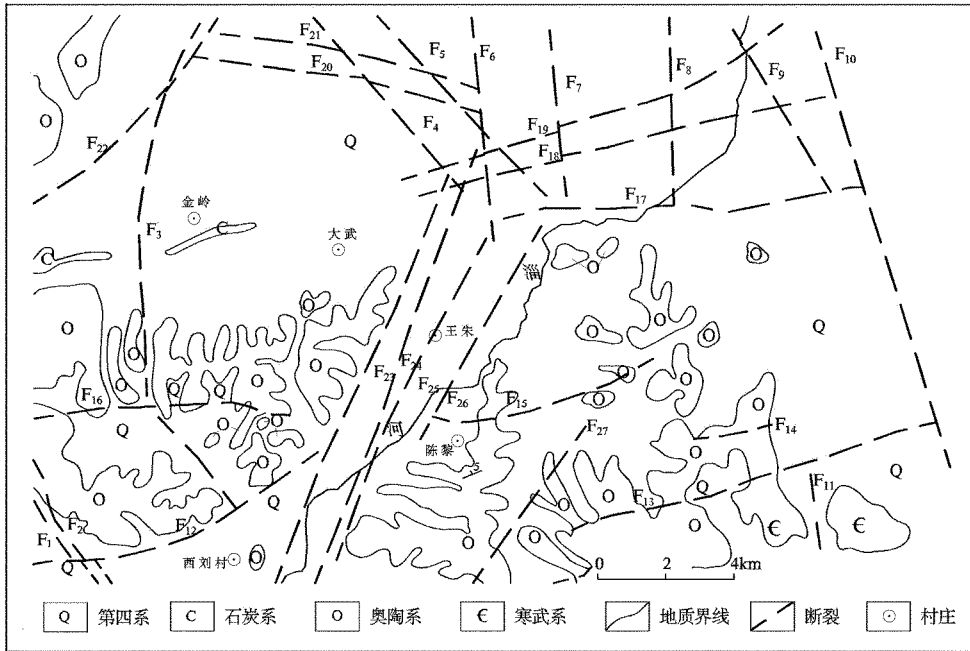


图 1 工作区区域地质构造纲要图

2 区域地球物理特征

为了解该区地层岩性的电性特征,收集了该区电性资料(表 1)。

表 1 工作区各地层电性参数统计

| 地质年代 | 岩性 | 资料来源 | 电阻率变化范围($\Omega \cdot m$) |
|--------|--------------------|---------|-----------------------------|
| 第四纪 | 粗中粒砂 | 电测深、电测井 | 30~90 |
| | 细砂粉砂 | 电测深、电测井 | 22~42 |
| | 粉砂、粉土 | 电测深、电测井 | 13~27 |
| | 粘土、粉质粘土 | 电测深 | 5~11 |
| 古近纪 | 红色砂岩、泥岩、粉砂岩、粘土岩 | 电测深 | 6~10 |
| 侏罗纪 | 泥岩、长石石英砂岩、砾岩、页岩 | 电测深、电测井 | 8~12 |
| 石炭-二叠纪 | 粘土岩、泥岩、粉砂岩夹灰岩煤层、砂岩 | 电测深、电测井 | 8~16 |
| 寒武-奥陶纪 | 风化及岩溶发育灰岩 | 电测深 | 20~80 |
| | 完整灰岩 | 电测深 | >300 |

由于第四系为松散岩土层,成岩条件较差,电性变化范围大,粘土、粉质粘土电阻率较低,一般 $5 \sim 8 \Omega \cdot m$,粉土、粉砂、细砂的电阻率相对增高;中粗粒砂、砂砾电阻率较大,可达 $100 \Omega \cdot m$,它的特点是电阻率随着含砂量及颗粒的增大而增高,随着粘土矿物含量的增加而减少。古近纪至晚古生代电阻率的变化范围变小,随着成岩程度的增加,电阻率有所增加;已成岩的地层,泥岩、含砂质泥岩、含泥质砂岩、砂岩,随着砂质成分的增加,电阻率值也增加。从成岩角度上看,古近系、侏罗系、石炭-二叠系,同类电性的岩石,随着固结程度的提高,电活动性有所降低。古近纪地层中的砂岩约 $10 \Omega \cdot m$,侏罗纪地层中的砂岩约 $12 \Omega \cdot m$,从地质时代宏观看,地层由新到老,电阻率呈由低到高的微弱变化。寒武-奥陶系,主要岩性为灰岩,电阻率最高,大于 $300 \Omega \cdot m$;由于断裂构造和岩溶的存在,使原岩破碎、充水,致

使电阻率降低,其电阻率值一般为 $20 \sim 80 \Omega \cdot m$ 。上述各岩层电性特征,对开展 EH-4 测深工作来说,具备良好的工作前提。

3 工作方法综述

由于该区域城镇化造成人为的干扰及河流水系较为发育,给许多方法带来不便。EH-4 电磁成像系统测深法设备轻便对地面施工条件要求相对较低,适于在该地区的水文地质条件及实际施工环境。

EH-4 电磁成像系统是美国 EMI 和 Geometrics 公司联合生产的。它以大地电磁测深法为设计原理,依靠先进的电磁数据自动采集和处理技术,将音频大地电磁法 (AMT) 和可控源音频大地电磁法

(CSAMT) 结合起来,实现了天然信号源与人工信号源的采集和处理,成为国际先进的双源大地电磁测深系统^[3-5]。

为了解 $F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}$ 组成的断裂带深部富水赋存状态及规模,在该区展开了 EH-4 探测工作,重点研究淄河断裂带及其周边地球物理场特征。在测区布置了若干条平行的测线,测线方向为 90° ,测点点距为 20 m,测量采用 20 m 极距,由于随机干扰信号的存在,对获得的视电阻率数据进行了圆滑处理,对于缺失的频点数据,采用差值的方法进行人工补偿,最后进行了二维反演。经过反复修改反演控制参数,达到了整条断面多参数的最佳拟合,最后得到了需要的反演结果及地质解释结果(图 2)。

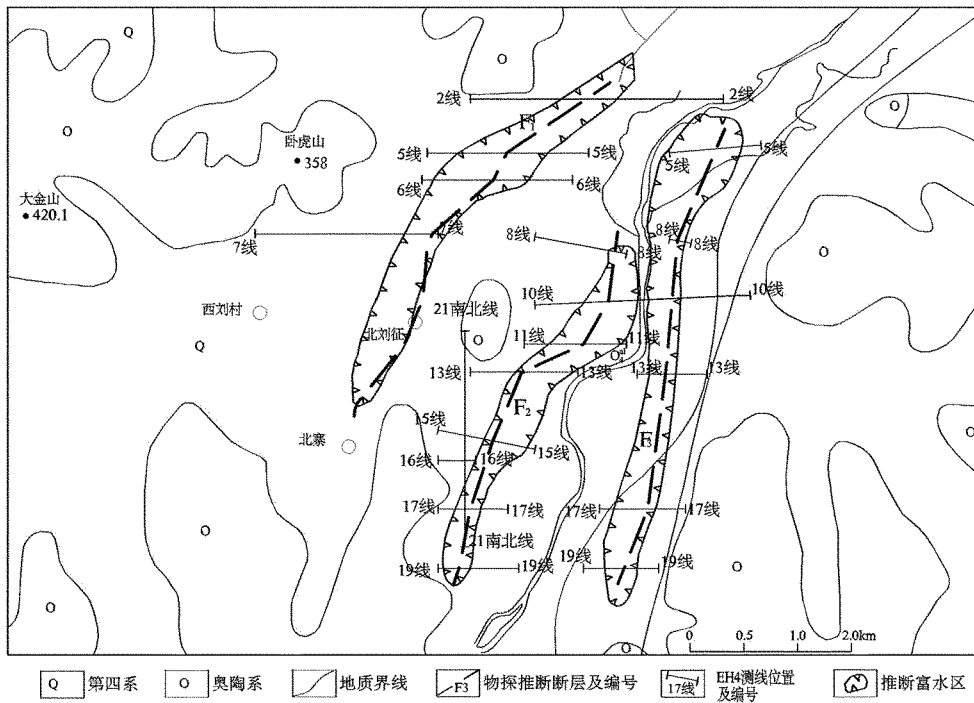


图 2 工作布置及成果推断图

4 实测资料分析解释

根据该区水文地质特征和地球物理特征, $F_{23}, F_{24}, F_{25}, F_{26}$ 组成的断裂带作为工作区内的主要控水构造,断裂破碎带内裂隙岩溶发育,是东、西、南部地下水、地表水的汇集区。由于断裂构造的破坏,原岩破碎或溶洞发育,充水后电阻率急剧降低。该区的富水区在反演后的视电阻率等值线断面图上,视电阻率等值线梯级带呈“V”型的转折及同向弯曲的低阻异常。

图 3 为 2 线 EH-4 测量结果反演所得视电阻率断面图,浅部视电阻率较低的第四系覆盖层,深部约 1 050 点左右视电阻率差异明显。1 050 点左侧视电阻率较高,最高达 $2 000 \Omega \cdot m$,右侧视电阻率等值线呈“V”型的转折及同向弯曲的低阻异常,推断为岩溶较为发育的富水区,1 050 点附近视电阻率等值线呈密集梯级带状,推断为一断裂构造 F_1 ^[6]。将所有测线所得的低阻异常综合分析,得出该区存在 3 条近平行的 NE 向断裂构造带 F_1, F_2 和 F_3 。构造带附近岩溶较为发育,形成 3 个富水区域,且存在着由浅到深富水区范围逐渐变大小后又逐渐变小的

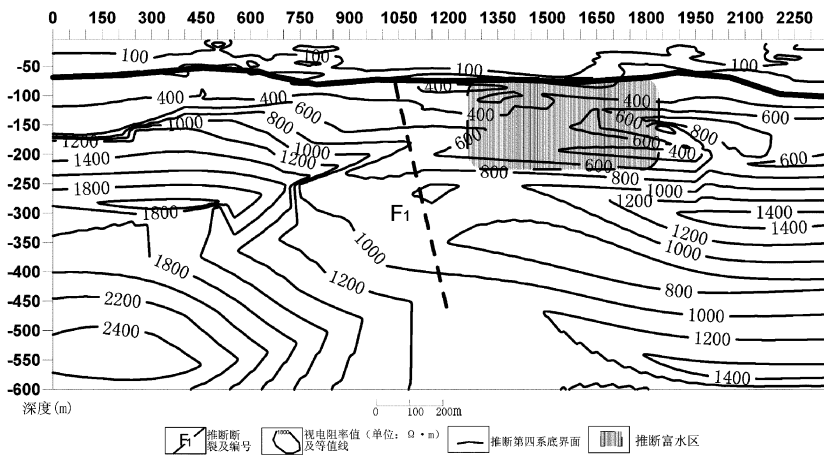


图 3 典型剖面视电阻率断面图

规律。反演结果与钻孔资料相吻合,结合地质物探资料在 3 个富水区域布置钻孔并进行了抽水试验,出水量达 120 m³/h,表明 EH-4 方法在该区岩溶水、断裂构造水的勘查中取得较明显的效果。

5 结语

该文分析了区内岩溶强发育区段地下水富水性特征,结合地质资料提出了沿 F₁, F₂, F₃ 3 个岩溶发育富水带,对区内地质构造及水文地质条件有了进一步认识,为该区水文地质钻探提供了依据。反演结果与钻孔资料相吻合,取得较好地质成果。上述方法试验表明,EH-4 方法具有设备轻、速度快、费

用低、勘探深度大、精度较高等优点。通过数据处理并结合地质资料解译,EH-4 大地电磁测深系统测量所得的二维视电阻率—深度剖面图能清晰地反映地下地质体的精细电性信息,反映出富水低阻异常在空间上的展布,直观地提供异常在剖面上的形态、规模、延深、富水性等,保证了富水区预测的准确性。因此,EH-4 连续电导率成像仪在深部水文勘查中能起到重要的指导作用。

参考文献:

- [1] 李大心. 地球物理方法综合应用与解释[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2003.
- [2] 樊战军,于爱军,陈孝强,等. EH-4 连续电导率测量在森林覆盖区的应用效果[J]. 黄金科学技术,2007,15(1):48.
- [3] 王焯,曹哲明,汤井田,等. 铁路隧道工程勘察中高频大地电磁测深应用效果研究[J]. 工程地质学报,2005,13(3):424-428.
- [4] 沈远超,申萍,刘铁兵,等. EH-4 在危机矿山隐伏矿体定位预测中的应用研究[J]. 地球物理学进展,2008,23(2):559-567.
- [5] 叶益信,邓居智,方根显. 高频大地电磁测深(EH-4)在热储构造勘查中的试验研究——以抚州地热区为例[J]. 地质与勘探,2011,47(4):649-653.
- [6] 郭玉文,王飞龙. 山东岩溶泉[J]. 山东地质,1989,2(2):79-85.

Application of EH-4 Electromagnetic Sounding System in Karst Fissure Water Exploration in Linzi Area of Shandong Province

YANG Hongzhi^{1,2}, LV Xiaohong³, ZHAO Deqing², LI Feng²

(1. Earth Sciences College of Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541004, China; 2. Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China; 3. No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: EH-4 magnetotelluric sounding system is an advanced prospecting instrument. Due to its advantages of light efficiency, exploration depth and reflect intuitively, it is widely used in mineral exploration and hydrological exploration. During karst fissure water prospecting in Zichuan area of Shandong province, through EH-4 electromagnetic sounding work, combining with field hydrogeological investigation, under the condition of determining water supply and water bearing condition of the structural belt, water-bearing fault belts and fissure belts have been found. According to electric difference of geological ore bodies, width, depth, occurrence and water occurrence of structural belts have been determined. It is fit with the locations gained by drilling results. It indicates the direction of deep water exploration by using EH-4 electromagnetic system.

Key words: EH-4 electromagnetic sounding system; karst fissure water; Linzi area in Shandong province