

应用可控源音频大地电磁测深于北京水文地质勘查

徐光辉^{1,2}, 黄力军³, 刘瑞德³

(1. 北京市华清地热开发有限责任公司, 北京 102218; 2. 中国地质大学, 北京 100083; 3. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:北京市周边地区利用的深部地下水资源大多采自断裂构造破碎带或岩溶裂隙, 地热资源主要开发蓟县系白云岩岩溶裂隙水, 断裂构造型地下水开发的相对较少。通过实例, 论述可控源音频大地电磁测深法在断裂构造型地热资源、岩溶破碎和断裂构造型地下水资源方面的作用和应用效果。

关键词: 电磁测深; 地热; 地下水; 资源勘查; 北京

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2005)06-0523-03

随着城市人口的迅速增长, 城市水资源的需求量也急剧增大, 供需矛盾日益突出。北京是缺水城市, 地表水污染比较严重, 地下水开采深度越来越大; 作为绿色能源, 地热资源的开发利用日益受到人们的广泛重视。北京市地热资源开发得相对较早, 主要开发利用的是蓟县系白云岩岩溶水^[1]。北京地区地表大多为第四系所覆盖, 地下水埋深相对较大, 开采风险也很大, 为了提高效率, 降低成本, 减少投资风险, 开发者们越来越重视地下水资源和地热资源的前期勘查工作。地球物理勘查是水文地质勘查的重要手段之一, 可控源音频大地电磁测深法(简称 CSAMT 法)是一种电磁测深方法, 该方法具有探测深度大、设备相对轻便和横向分辨率高等特点, 近几年来, 该方法已经较广泛地应用到北京市地热资源、地下水资源勘查工作中, 并已经取得了较好的实际应用效果。下面通过北京市地热资源、地下水勘查典型实例, 介绍可控源音频大地电磁测深法在地热资源和地下水资源等水文地质勘查中的作用和应用效果。

工作中使用美国 Zonge 公司生产的 GDP-32 及 GDP-32^{II} 多功能电法仪, 采用赤道偶极装置, 测点距与接收电偶极距 MN 相等, $MN = 50 \text{ m}$, 发射偶极距 $AB = 1000 \text{ m}$, 收发距 $r \geq 6000 \text{ m}$, 采样频率 $f = 0.125 \sim 4\ 096 \text{ Hz}$ 。数据反演采用一维电阻率圆滑反演方法, 利用反演电阻率断面进行地质解释推断。

1 地热资源勘查

断陷盆地型地下水热水埋深相对较大, 以中低温

为主, 分布范围较广, 是目前利用最广的地热资源, 在北京已得到广泛的开发和利用。北京市及周边地区蓟县系雾迷山白云岩厚度较大, 埋深一般 $0 \sim n \times 1\ 000 \text{ m}$, 岩溶裂隙较为发育、热导率值较高, 是北京市主要热储地层。一些地区蓟县系雾迷山组埋深较大, 其地热资源的开采成本和开采风险也随之较大。随着地热资源深入开发, 断裂构造型地热资源也随之被开发利用。

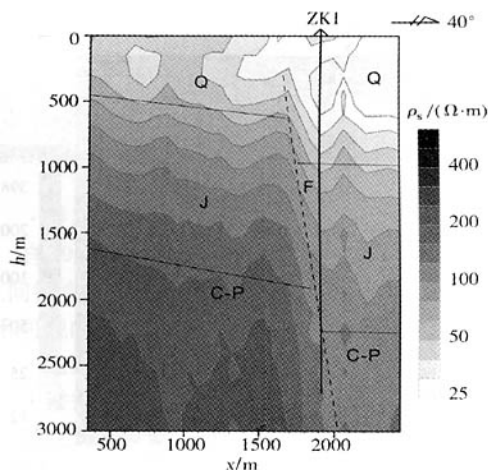


图1 京郊某地 CSAMT 勘查综合断面 I

剖面位于北京叠断陷内, 蓟县系白云岩埋深超过 $3\ 500 \text{ m}$ 。区内为第四系所覆盖, 第四系以下依次为侏罗系(J)、石炭—二叠系(C-P)、奥陶系(O), 寒武系(ϵ)、青白口系(Qn)和蓟县系(Jx)。其中侏罗系为砂岩和砂砾岩; 石炭—二叠系为砂页岩、砾岩夹煤

系地层;奥陶系为灰岩和白云质灰岩;寒武系为页岩、泥灰岩和灰岩;青白口系为砂岩、页岩和灰岩;蓟县系以白云岩为主^[2]。这些地层间存在电阻率差异,电磁法在该区工作具备地球物理前提。

由图 1 可见,断面内电阻率由浅至深呈逐渐升高的单调变化,电阻率纵向分布与实际地层情况对应较好。在 x 为 1 800 m 附近,电阻率出现横向间断现象,出现明显断层分布特征,推断其为断层(编号 F1)产生。虽然这是个小断层,断距相对较小,断层产生的破碎带相对较小,但仍然可以看出破碎带产生的相对低阻带。图内钻孔(ZK1)是根据 CSAMT 解释结果所布设的验证钻孔,其地层验证结果与推断结果基本一致,2 100 m 见断裂破碎带,出水温度 66°, 出水量 1 800 m³/d 以上。这是目前北京开发断裂构造型地热资源最成功的实例之一。

2 水文地质调查

目前北京应用的地下水主要分 2 个方面,一个是灰岩或白云岩岩溶裂隙水,另一个是断裂构造水。

2.1 岩溶裂隙水勘查实例

奥陶系灰岩岩溶破碎相对发育,与其他相应岩层相比埋深相对较浅,是目前北京市地下水开发的主要来源。

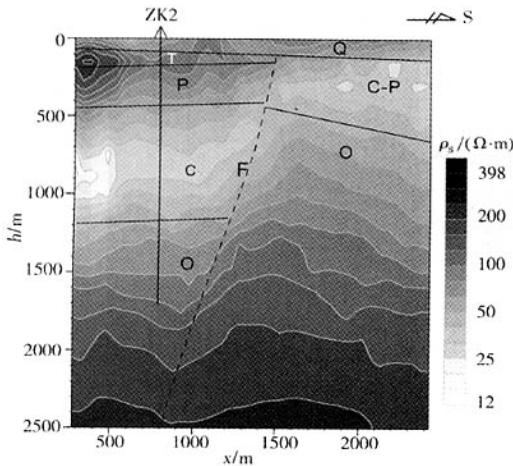


图 2 京郊某地 CSAMT 勘查综合断面 II

图 2 是北京市西部近郊某地的 CSAMT 勘查某线综合断面。剖面位于西山附近,地表为第四系所覆盖,颗粒相对较粗,与其他地区相比,电阻率相对较高。奥陶系灰岩以上依次为石炭系(C)、二叠系(P)和三叠系(T)。这些地层均为砂岩和页岩,电阻率均相对较低。由图可见,剖面内地表和深部电阻率相对较高,中部出现相对低阻,对应砂页岩层。奥陶系灰岩电阻率相对较高,奥陶系灰岩与上覆的砂

页岩间出现明显电阻率纵向梯度带。剖面内 x 在 800 ~ 1 500 m 间出现电阻率横向间断现象,并出现微弱的相对纵向低阻带,推断此处电阻率横向间断为断层产生。图内 ZK2 是根据上述资料布置的地下水开发钻孔,孔内所见岩层基本与电阻率推断结果对应。由于打井位置离断层 F 很近,奥陶系灰岩岩溶破碎较为发育,该井出水量 2 000 m³/d 以上。

2.2 断裂裂隙水勘查实例

一些地区没有岩溶发育的岩层,或者含岩溶破碎地层的埋深较大,开发此类地下水的成本相应较高。这是一个岩浆岩区找水实例,工作区位于山脚下,地表为第四系所覆盖,打井位置被限定在很小区域之内,周围山上可见有闪长岩出露。

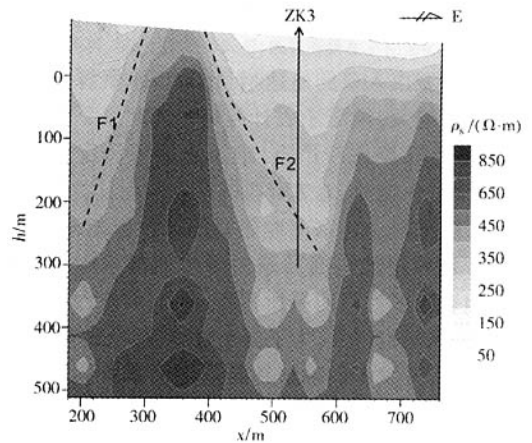


图 3 京郊某岩浆岩区 CSAMT 勘查综合断面

图 3 是区内 CSAMT 勘查综合断面。由图可见,虽然整个电阻率断面电阻率由浅到深逐渐升高,但电阻率分布的产状相对较陡,没有沉积地层区纵向分层特征,推断实测断面深度范围内均是闪长岩。电阻率断面内分别在 x 为 300 m、450 m 处出现明显电阻率横向间断现象,伴随有纵向低阻带,推断这 2 处电阻率横向间断为断层(F1、F2)产生。随后布置钻孔 ZK3 验证,钻孔一直处于闪长岩内,在井深 289 m 处见断层层面,井深 360 m,出水量为 800 m³/d 以上。

3 结语

电法一直是水文地质调查的主要手段,随着城市规模加大,地表建筑更加密集,地下水开采勘探深度加大。无论从野外施工,还是深度要求考虑,常规电法已经难以满足实际需要。

这里的深部水文地质勘查主要了解目的层深度及断裂构造空间展布情况,根据地质和水文地质资

料进行综合分析间接找水。在第四系覆盖广、目标物埋深相对较大、开采风险大的情况下,利用可控源音频大地电磁测深方法查明地下地质情况,可以提高地热和地下水资源开发效率,减少投资风险。

参考文献:

- [1] 黄力军,陆桂福,刘瑞德,等. 电磁测深方法在深部地热资源调查中的应用[J]. 物探与化探,2004,28(6):493-495.
[2] 鲍亦冈,刘振锋. 北京地质百年研究[M]. 北京:地质出版社,2001.

THE APPLICATION OF CONTROLLABLE SOURCE AUDIO FREQUENCY MAGNETOTELLURIC SOUNDING TO HYDROGEOLOGICAL EXPLORATION IN BEIJING

XU Guang-hui^{1,2}, HUANG Li-jun³, LIU Rui-de³

(1. Beijing Huaqing Geothermal Exploitation Company Ltd., Beijing 102218, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, IUGS, Langfang 065000, China)

Abstract: In the peripheral areas of Beijing, deep groundwater resources are mostly exploited from fractured shatter zones or karst fissures, and dolomite karst fissure water of Jixian System serves as the main geothermal resource. The fracture structure type underground hot water has been relatively rarely exploited. With practical examples, this paper deals with the role of controllable source audio frequency magnetotelluric sounding in the exploration of fracture structure type geothermal resources and karst shatter and fracture structure type groundwater resources as well as the application results.

Key words: electromagnetic sounding; geothermal resource; underground water; resource exploration; Beijing

作者简介: 徐光辉(1966-),男,1987年毕业于成都地质学院物探系,高级工程师,主要从事地热资源勘查及开发利用方面研究及生产工作。

地震仪综合技术服务

· 定点地震仪技术升级、功能增强

此项内容为借用定点地震仪中故障率低的单元电路,将我们研制的浮点模块与之有机结合,构成操作方便、故障率低、性能价格比极高的浮点地震仪。该技术适用于所有定点地震仪(进口 ES-1210, 1225, …; BISON-1580, …; OYO-1500, …; MARK II; 国产 DZQ12-1 等型号)。

· 地震仪通道扩展

80年代中期,地震仪一般为12道定点,工作效率低。做CDP覆盖时,叠加次数少,信噪比不能提得较高,且动态范围小。为解决这些问题,我们做了以下工作:①将原定点地震仪升级为浮点;②扩展为24道。

· CSA24道浮点地震仪

集多年改造地震仪经验,汲取了国内外地震仪特长,并将我们的创造溶入其中,构成了性能价格比极高的CSA24道浮点地震仪。

· 进口地震仪维修

自1997年成立地震仪维修部以来,给用户直接、间接维修进口地震仪数台,为用户节约了大量时间和可观的维修费用,深受用户好评。

· 触发电路保护器

· 锤击开关

经我们改进的地震仪均能获得浅反射处理软件、瞬态瑞雷面波处理软件、地脉动测量、高密度高分辨率测量等不断升级的支持。

联系人:徐贵来 梅汝吾

单位:核工业北京地质研究院

地址、邮编:北京安外小关,100029

E-mail: guilaixu@163bj.com

手机:13601272455

电话:(010)64962690;64921115