

文章编号:1672-7940(2006)04-0251-06

综合物探在J地区地热水勘探中的应用

应 勇,何兰芳,杨轮凯,赵晓鸣,何小华

(中国石油东方地球物理公司,涿州 072656)

摘 要: 地热能的开发是全球经济-能源-环境可持续发展的重要组成部分。综合物探是综合应用多种单一物探方法的基础上形成和发展起来的一类地球物理勘探技术,是物探技术的发展和矿产资源勘探生产实践需要相结合的产物,在地热勘探中将比单一的地球物理方法更具有技术上的优势,它的作用也更为显著。本文将通过分析综合物探技术在华东J地区地热勘探中的应用,重点介绍地球物理方法的综合和应用效果。

主题词: 综合物探;J地区;地热勘探

中图分类号: P631

文献标识码: A

收稿日期: 2006-05-02

APPLICATION OF COMPREHENSIVE GEOPHYSICAL PROSPECTING TO THE GEOTHERMAL SURVEY OF J COUNTY

YIN G Yong, HE Lan-fang, YANG Lun-kai, ZHAO Xiao-ming, HE Xiao-hua

(Geophysics & Geochemistry, BGP, China National Petroleum Corporation, Zhuozhou Hebei 072656, China)

Abstract: Geothermal energy source is a new kind of energy which is very important because of its sustainability and amity to the environment. Comprehensive geophysical prospecting is an important branch of geophysics result in development of the geophysics and developing requirement of mineral geology. It is a vital role in geothermal survey. In this paper, we discussed the polytechnics of geophysical prospecting and the application of comprehensive geophysical prospecting in the geothermal energy source survey of J county.

Key word: comprehensive geophysical prospecting; geothermal survey; Jiaodong peninsula

1 引 言

地热能是一种在开采的时间利用上可人为控制的再生资源,在现代种植业、水产养殖业、浴疗、供暖、旅游、皮革、酿造、干燥、发电等方面的应用价值和经济价值已逐步被人们理解和产生兴

趣,地热能的开发是全球经济-能源-环境可持续发展的重要组成部分^[1,2]。目前国外的地热资源开发与应用技术发展迅速,日本、美国和意大利等国家的热储温度已接近或超过 300 °C,并有专门的机构研究地热的开发和利用^[3]。我国的地热资源储量丰富,占全球热能活力的 7.9%,发展前景广阔,但目前的开采量仅为可开采量的 5.82%,

作者简介:应勇(1970-),男,高级工程师,1993年毕业于石油大学物探专业,现从事地球物理勘探及研究。

开发我国的地热资源任重道远^[4]。

地球物理方法在地热勘探中具有其独特的优点,是其它方法无法替代的。具体表现在:①勘探效率高;②勘探成本低;③适用范围广;④勘探深度大。另外,地球物理勘探仪器的更新换代和性能的提高,地球物理数据处理技术的发展,极大地促进地球物理方法在地热勘探中扮演越来越重要的角色。同时,不同的地球物理方法又有其自身的特点和地球物理前提,在地热勘探中发挥的作用也不尽相同。比如,重力勘探适用于反映区域构造,磁法适用于探测测区内火成岩和侵入岩体的存在和分布特征,而电法对于勘探精细构造和地层划分特别是对于地层的电性特征的划分具有独特的优势。综合物探就是在这种基础上形成和发展起来的一类地球物理勘探技术,是物探技术的发展和地热地质勘探生产实践需要相结合的产物,在地热勘探中将比单一的地球物理方法更具技术上的优势,它的作用也更为显著。

本文将通过介绍综合物探技术在华东J地区地热勘探中的应用,重点分析地球物理方法的综合和它的应用效果。

2 地热地质特征

2.1 区域地质特征

J地区构造位置处在鲁东隆起胶莱坳陷的次级构造牟平—即墨断裂带的西南部。以海阳—青岛断裂(南段称之为温泉—沧口断裂)为界,西南侧为胶南隆起(又称胶(南)荣(成)地块),北部为高密凹陷。该区经历了多期不同方式的构造运动,从中生代以来,因受太平洋板块的俯冲作用,构造活动表现比较强烈,构造成分互相影响、穿插。J地区的区域构造表现以断裂为主,分为北东向和北西向两组。

区内地层以白垩系地层最为发育,为一套河湖相碎屑岩沉积,主要岩性为砂岩、砾岩、泥岩等。青山群为一套中基性—酸性火山岩沉积,莱阳群为一套紫色为主的粉砂岩、细砂岩、砾岩等。在山地丘陵地带,断陷盆地和主要水系流域,存在有第四系陆相冲洪积层,该层为松散沉积物,易于充水,其地温梯度较低,但它对于下伏的热储层可起到保温盖层的作用,是形成热储的有利地方。

本区新构造主要表现在区域性升降运动和一些断裂在第四纪时期的重新活动。具体反映在前

者在温泉河沿岸有阶地存在。其中丁戈庄到何家岸段、温泉联中西北最为明显,阶地高度一般高出河床1.5~2.5m;另一表现在区域夷平面和沿海海蚀地形存在。断裂的重新活动表现在牟平—即墨断裂带及其共轭北西、近东西向断裂在第四纪时期又有活动。温泉—沧口断层在沧口附近的断层面上曾发现过新鲜断层泥,断面附近第四系堆积物亦有被错开和扭曲现象。晚近时期新构造运动,特别是断裂重新活动,往往构成地震、地热释放点。

该区地热水为构造溶洞裂隙水,地下热水的补给,迳流与排泄主要受大气降水直接影响,地下水的沟通受断裂控制,它为地下水的循环提供了通道和空间起到了重要作用。

2.2 热异常显示

地热异常区分布于河间阶地,其东西两端已为河流切割。其表层土体为灰黑色亚粘土,黑色淤泥质粘土,表层1m有大量古代管状虫屎,已铁硫化呈锈黄色。由于热蚀变,土层微层理难辨,仅在局部地段可见。这种土为盐渍土,渗出水锈黄色,其分布范围与热异常范围相近。据钻孔揭露本地第四系厚12m,按周围推导此地不应有这么厚的第四系地层,部分厚度可能属热水自制封闭层,系热储盖层。

3 地球物理方法技术

3.1 勘探任务

本次在J地区开展地热勘探的主要目的为:综合评价J地区的地热资源量和分布特征,为J地区发展规划提供地热资源分布方面的依据。其主要的地质任务如下:①查明测区内断裂的分布及其特征;②研究测区含水构造及地热水分布特征;③研究测区地热水的成因,查明测区地热水补、径、排系统;④估算地热水资源量。

3.2 物性测定与分析

用地球物理方法研究地层的地热资源分布,研究和掌握地层和岩石的物性是关键,因为物性差异是地球物理方法的工作前提。另外,岩石地层的物性资料也是资料处理解释的依据。我们在收集已有资料的基础上,还在测区范围打了108块岩石标本,并对标本的密度和磁化率进行测试。

综合分析本区物性资料,测区内岩层的密度有如下特征:中下元古界密度最高,为2.71g/cm³

左右,白垩系莱阳群密度在 $2.56 \sim 2.62 \text{ g/cm}^3$ 之间,青山群密度 $2.46 \sim 2.51 \text{ g/cm}^3$;侵入岩平均密度 2.51 g/cm^3 ,火成岩密度在 $2.58 \sim 2.60 \text{ g/cm}^3$ 之间,不同岩性之间的最大密度差为 0.25 g/cm^3 ,通常重力勘探的前提是最小密度差大于 0.1 g/cm^3 。测区内岩层的磁性有如下特征:白垩系青山群、莱阳群基本上为无磁性岩石,青山群中部的玄武岩磁率达 $3200 \times 10^{-5} \text{ SI}$,具有较强的磁性。燕山期侵入岩一般具有磁性,但平均磁化率一般不超过 $600 \times 10^{-5} \text{ SI}$,火山岩类磁性较大,其中霏细斑岩磁化率达 $1524 \times 10^{-5} \text{ SI}$,安山玢岩磁化率值达 $756 \times 10^{-5} \text{ SI}$ 。先期本区内泥岩的电阻率最低, ρ_a 一般为 $4 \sim 6 \Omega \cdot \text{m}$ 。不同岩体的电性有如下特征:熔结的角砾岩、凝灰岩、流纹岩在本区电阻率较高, ρ_a 一般为 $400 \sim 500 \Omega \cdot \text{m}$;安山岩、玄武岩、英安岩 ρ_a 为 $100 \sim 400 \Omega \cdot \text{m}$;凝灰质砂砾岩 ρ_a 一般为 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 左右;花岗岩 ρ_a 为 $2000 \sim 3000 \Omega \cdot \text{m}$ 左右。该区地层的电性分布还有两个明显的特征:一是本区热水为高矿化度水,含盐量大于 10 g/l ,含这种高矿化度的地层,其电阻率也大幅度降低;还有当有构造通过各类岩层时,岩石破碎,电阻率明显降低,含水时更低^[5],特别是当地下有地热存在时,其低阻特征更加明显。

3.3 地球物理方法技术

在研究物性的基础上,地球物理方法的选择是地热地质研究的关键^[6~8]。本次勘探在物性研究和水文地质调查的基础上,选用以下物探方法:

3.3.1 遥感解译

主要用于判断下列地热地质问题:①地貌、地层、地质构造基本轮廓及地热区隐伏构造;②地面泉点、泉群和地热溢出带,地面地热显示位置及地表水体位置范围;③地面水热蚀变带的分布范围。本次遥感解译采用 TM 数据资料,共有七个波段。对线性构造的提取采用 TM4 5.3 三个波段合成图像。为了突出线性构造信息,在图像处理过程中采用了定向滤波、卷积运算等方法,进行图像增强处理,使图像上线性构造信息明显增强,提高了影像可解译程度。通过处理,图像突出了 NE、NW 方向等线性构造信息。

3.3.2 重力勘探

重力勘探的主要任务是在充分分析资料品质的前提下,提取与基底、断裂、局部构造等地质问题相关的异常信息。

3.3.3 磁法勘探

磁力资料主要用来圈定可能的磁性体范围,研究与热运动有关的地质信息。在本区的磁法勘探中,去噪技术显得尤为重要。为了能得到反映地下地质情况的磁力异常,我们预先对实测异常进行去噪处理。去噪处理主要采用剖面平滑方法,通过对原始磁力 ΔT 异常进行剔除干扰处理,消除了表层影响。

3.3.4 电法勘探

电法勘探主要用于查明以下地热地质问题:

①圈定地热异常范围和热储体的空间分布;②确定地热田的基底起伏及隐伏断裂的空间展布;③圈定隐伏火成岩体和岩浆房位置;④圈定地热蚀变带。由于电法是地热勘探的主要物探方法,因而在本次地热勘探中我们选用了多种电法,以发挥它们各自的优势,同时充分利用综合物探的优势,以期更准确地查明本区的地热地质特征。这些方法包括:①音频大地电磁测探法(AMT):选用的仪器为加拿大凤凰公司生产的 WTU-5A 型仪器,采用远参考采集技术和 ROBUST 处理技术,重点解决 300 m 深度范围内电性分布特征。②垂向电测深法、电阻率剖面法和激发极化法:施工选用北京地质仪器厂生产的 DWD-2A 型微机电测仪;垂向电测深法主要用于研究岩层沿垂直方向由浅到深的视电阻率的变化情况;电阻率剖面法用于了解地下勘探深度以上沿测线水平方向上岩石的电性变化;激发极化法通过测定岩层极化率、半衰时、电阻率直接分析出岩层的富水情况。③音频大地电场法:本方法是一种效果较好的普查方法,可快速勘查测区内地质界限和断层破碎带的分布情况。本次工作主要用于普查断层的存在位置和发育方向,以布置测线勘查为主,测线方向垂直断层走向。上述地球物理方法相辅相成,相互应征,长短互补,在本次地热勘探中都发挥了重要的作用。

4 应用效果分析

4.1 重磁异常分析

图1为本次勘查实测的测区重力线性异常分布图。从理论上讲,引起重力线性异常的地质因素一般为断裂、地层尖灭线(界限)及岩体边界等。结合该区岩石地层密度统计结果综合分析认为,本区重力线性异常较清楚地反映了地层及岩

体边界,个别地方为断裂的反映。

通过去除基底界面引起的区域异常,得到了反映基底以上盖层的重力异常特征的剩余异常(如图2)。从总体来看,重力局部异常总体走向NE,重力高(重力正异常)与重力低(重力负异常)相间排列,异常值幅度较低。在第四系覆盖区,一般为重力负异常,1号异常区重力负异常可能与燕山期酸性侵入岩有关。工区西北角的青山群出露区一般表现为重力低,这与其具有较低的密度有关,而其间的重力高可能与火成岩有关。区内大片的莱阳群出露区基本上为重力高异常区,局部地区因受到火山岩的影响而呈现出重力负异常特征。

通过去除负磁背景场的方法将古老基底引起的区域性负磁异常从 ΔT 化极异常中分离出去,

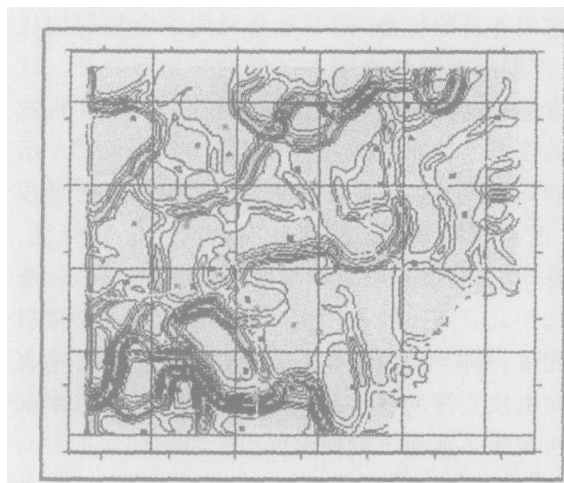


图1 测区线性重力异常

Fig.1 Linear gravity anomaly in surveying area

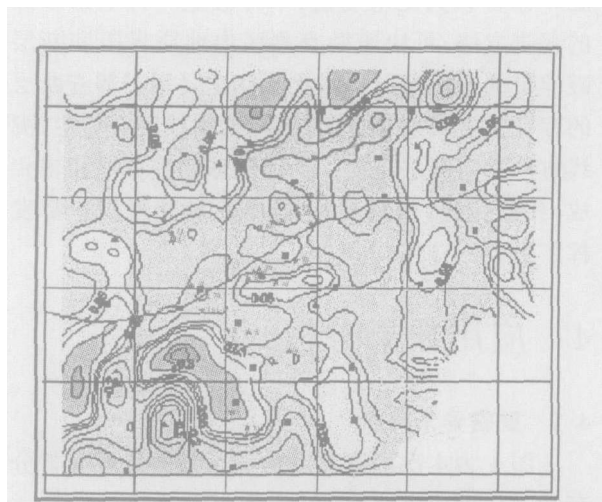


图2 测区剩余重力异常

Fig.2 Surplus gravity anomaly in surveying area

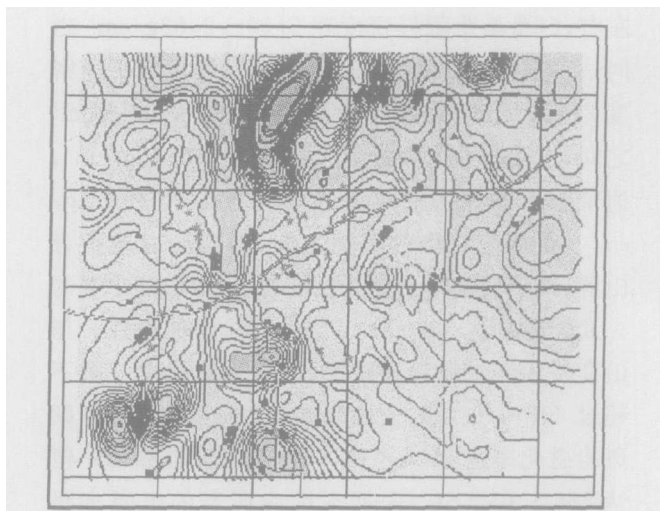


图3 测区磁力剩余异常

Fig.3 Magnetic surplus anomaly in surveying area

得到了该区的剩余异常图(图3),该图突出了浅层磁性体的异常分布特征。从本区磁力剩余异常图上看,有多处较明显的串珠状异常,它们都与NE及NW向断裂有关。从正磁异常分布看,有明显的分带性。1号异常带推测与断裂发育有关;2号异常带推测为地层边界与断裂同时作用的结果;3号异常反映了隐伏的强磁性火山岩的存在。

4.2 电法成果分析

本区电法投入工作量较大,投入方法种类较多,电法勘探取得的成果也较丰富。概括起来,电法勘探的成果集中体现在以下几个方面:

- 1) 通过AMT和电阻率剖面法,查清了区内断层破碎带和高阻岩脉的分布;
- 2) 通过激发极化法测定了区内破碎带的赋水情况;
- 3) 通过AMT和垂向电测深勘测,结合已知资料,区分了测区的地下咸水和地下淡水。
- 4) 通过面积性的(三维)AMT勘探,推测测区的地热分布范围,结合水文地质调查估算该区的地热资源量。受本文篇幅的限制,不一一阐述他们的应用效果。

图4为已知断裂破碎带在MAT深度-视电阻率剖面上的异常显示,从图上可以看出,该区断裂带异常为明显的低阻异常。依据这一特征,我们在根据另一条剖面上(图5)的两个低阻异常发现了测区内两个隐伏的断层破碎带,后被地质人员证实。

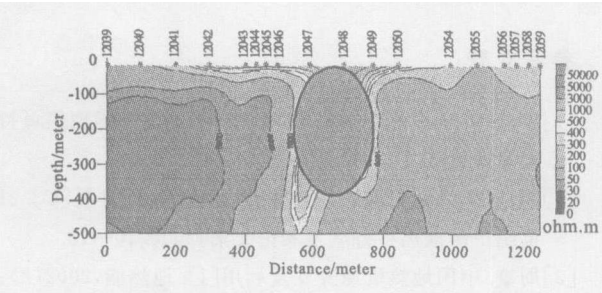


图 4 已知碎屑带的 AMT 异常显示
Fig. 4 AMT anomaly of known clastic belt

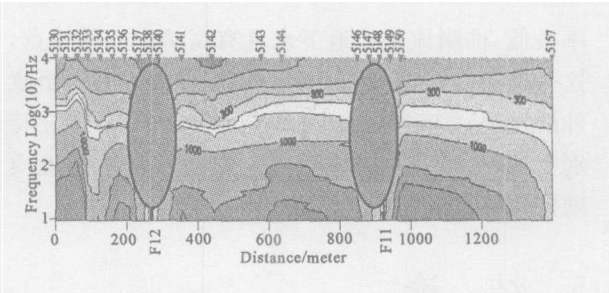


图 5 根据 AMT 异常显示推测的碎屑带
Fig. 5 Predicated clastic belt according to AMT anomaly

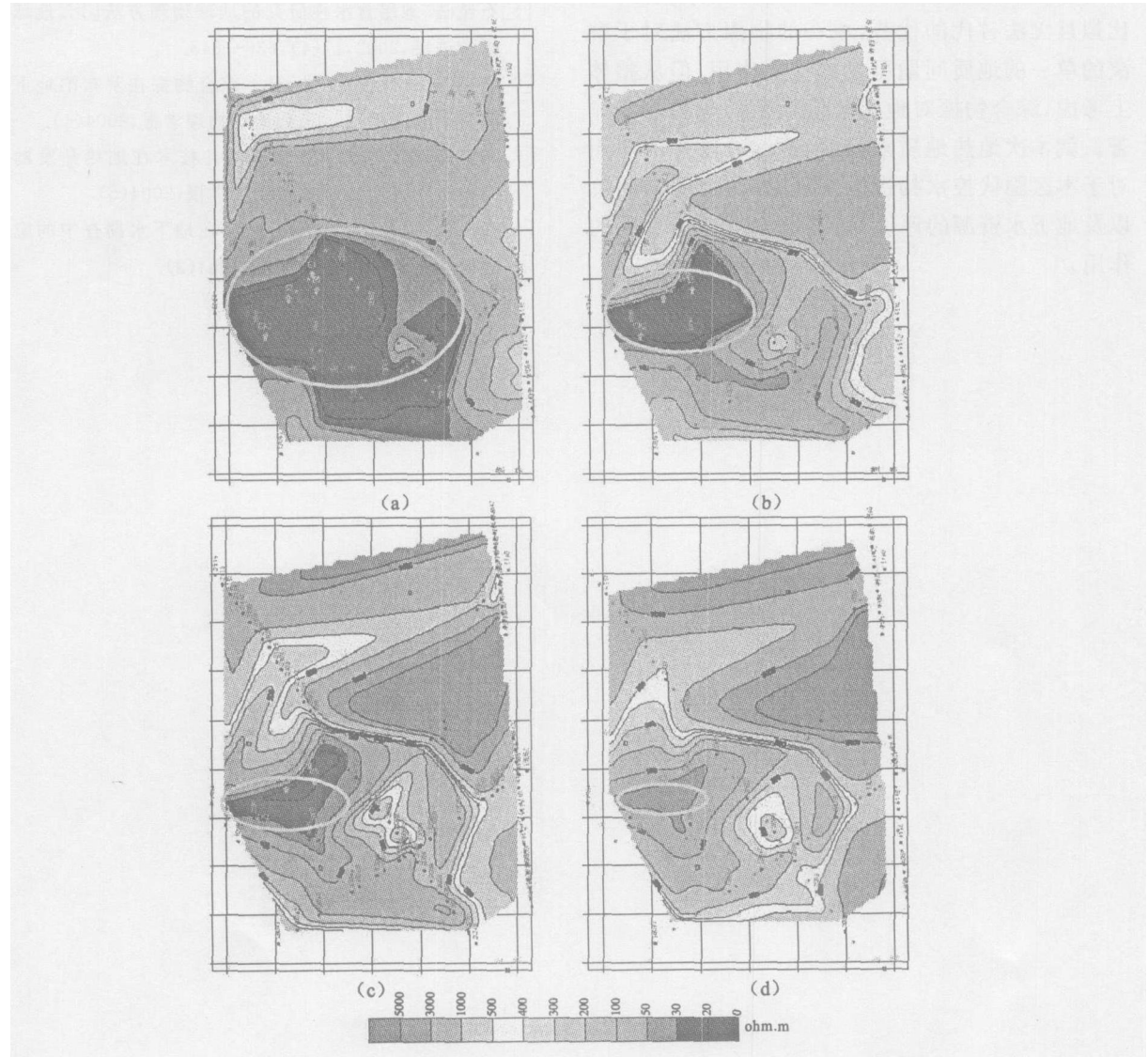


图 6 AMT 不同频点视电阻率等值线图(a) 10kHz; (b) 1kHz; (c) 100Hz; (d) 20Hz
Fig. 6 Apparent resistivity isogram of AMT frequent points

为查明地热区范围,选用通过地热区一些 AMT 测点,分别取频率为 10 KHz、1 KHz、100 Hz 及 20Hz 的 4 个频点(分别相当于 25m、90m、300m 和 600m 不同深度)的视电阻率值绘制分频段的平面等值线图(图 6)。从图中可以看出,本

区的地热资源为一种浅源,且分布范围为随深度加大逐步变小的小规模地热田,最大赋存深度不超过 400m。由于埋深浅、水温高,该区的地热资源具有极高的开采价值,但由于规模不大,不宜大规模开采。电性资料还表明,该区的地热水电阻

率极低,推测该区的地下水具有高矿化度的特点,这一推测已被证实。此外,本次勘探还有一个意外的发现,本区的淡水和矿热水电性特征差异特别明显,这对于本区今后的水文地质和地热地质勘探具有重要的指导意义。

5 结 论

在地热地质勘探中,物探方法具有其它无可比拟且无法替代的优势,单一的物探方法对于解决的单一的地质问题可发挥重要作用,但从整体上考虑,综合物探对地热地质勘探的优势更趋显著。就本次地热地质勘探而言,综合物探的应用对于本区隐伏控水构造的发现、地热资源的评价以及地下水资源的评价方面都起到了十分重要的作用。

参考文献:

- [1]宾德智. 全国地热资源状况[C]. 21世纪中国地热可持续发展论文集,2000. 1—4.
- [2]阎敦实. 推动我国地热开发事业更蓬勃地发展[C]. 21世纪中国地热可持续发展论文集,2000. 10—13.
- [3]周篁. 中国地热资源开发及利用[J]. 地热能,2002(2): 3—7.
- [4]王秉忱. 向地热要能源[J]. 地热能,2002(2): 1—2.
- [5]石昆法. 地层含水性研究的地球物理方法[J]. 地球物理学进展,2002,17(4): 636—643.
- [6]孟宪玮,朱庆俊,彭成,等. 综合物探在罗布泊地下水勘查中的应用[J]. 工程地球物理学报,2004(4).
- [7]黄坚,陈琳,吕文明. 物探测井技术在地热开发勘探中的应用[J]. 工程地球物理学报,2004(5).
- [8]张保祥,刘春华. 瞬变电磁法在地下水勘查中的应用综述[J]. 地球物理学进展,2004(3).