

CEMP 在下辽河盆地深层地热勘探中的应用

杨启来

(辽河石油勘探局水文地质研究所, 辽宁 盘锦 124010)

[摘要] 下辽河地区的高精度油气勘探资料分析显示, 矿区内存在地热资源。根据下辽河断陷盆地的地质构造特征和地球物理异常特点, 利用连续电磁剖面法 (Continuing Electrical- Magnetic Profile, CEMP) 的方法优势以及在油田多年的勘探成效, 对下辽河盆地大民屯凹陷静安堡地区深层地热进行物探工作, 寻找有利储热层。工作区内两口地热井的成功完井证实, CEMP 法勘探在下辽河构造复杂地区可以获得较为可靠的勘探成果, 为研究这一地区地热资源提供了重要的手段和依据。

[关键词] CEMP; 下辽河; 深层地热; 地热井

[中图分类号] P314.3

[文献标识码] B

1 引 言

辽河油田是我国重要的石油工业基地。经过 50 多年不断勘探、开发及研究积累了大量石油地质资料, 包括地球物理勘察、钻探、录井、测井、试油、水文地质等, 从资料分析显示, 油区有地热资源存在, 合理的进行勘探、开发, 将是一种很好的补充能源。在现有资料的基础上, 利用地球物理勘探等手段, 进一步查明研究区的地层结构、岩浆活动、控热构造和各热储层的岩性、厚度、埋深、分布及边界条件。利用已有采油气的设备加以适当改造后开采, 使地热作为石油的后续产业得以利用, 将推动油区经济的多元化开发及油区经济的持续发展。

2 区域概况

工作区位于沈阳市管辖的新民市境内, 地处沈阳市西部 35km 左右, 为辽河冲积平原的一部分。地理坐标: 东经 $122^{\circ}52' - 122^{\circ}59'$, 北纬 $41^{\circ}45' - 41^{\circ}55'$ 。境内交通便利, 气候适宜, 经济发达。详见图 1。

工作区由于受多期构造活动影响和控制, 不同地块沉积环境和沉积体系变化较大, 与区域性地层对比表现出地层缺失较多, 岩性大多为砾岩、砂岩、泥岩及玄武岩等, 构造位置在下辽河盆地大民屯凹陷东北部^[1]。面积为 49km^2 。地层发育为: 前第三系地层为太古界 (Ar) 和中上

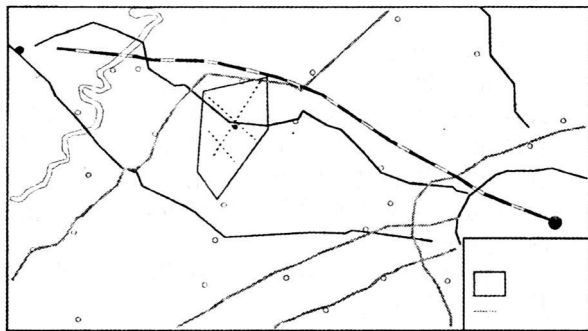


图 1 工作区交通位置示意图

元古界的大红峪组 (Chd)、高于庄组 (Chg); 下第三系地层为房身泡组 (Ef)、沙河街组 (Es)、东营组 (Ed); 上第三系-第四系的馆陶组 (Ng) - 平原组 (Qp)。

从收集的 175 眼井 174 个层段的试油静温/深度值分析, 试油层位主要在沙三段, 经计算地温梯度值在 $2.02^{\circ}\text{C} - 3.93^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 间, 平均值为 $3.14^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 大于 3.0 的地温梯度数量占总数的 73% ($127/174$), 略高于正常值 ($3.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)。地温梯度特征呈带状沿北东方向展布, 具有西高东低、北高南低的特点。

3 CEMP 在深层地热勘探中的应用

3.1 CEMP 工作原理

CEMP (连续电磁剖面法) 是利用天然电磁信号为场源, 观测天然电磁场的四个水平分量 (E_x 、 E_y 、 H_x 、 H_y) 的时间序列信号, 通过付氏变换, 将时间序列数据转换为频率域数据, 按

[收稿日期] 2006-12-11

[作者简介] 杨启来 (1962-), 男, 中专, 助理工程师。现从事水文地质测量及地热勘探工作。

如下公式计算出张量阻抗:

$$\begin{bmatrix} E_x \\ E_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_x \\ H_y \end{bmatrix}$$

式中: Z 表示张量阻抗, E_x 和 H_x 为平行地面的 X 轴方向上的电磁场分量, E_y 和 H_y 为平行地面的 Y 轴方向上的电磁场分量。由张量阻抗通过进一步运算可求得电阻率。在均匀介质中计算得到的为真电阻率, 在非均匀介质中为视电阻率, 其单位是 $\cdot m$ 。由此我们得知: 只要测出某一频率的电场和磁场正交水平分量的振幅, 就能计算出该频率的视电阻率。不同频率的视电阻率反映了地下不同的电性变化, 根据电性的不同, 我们就能了解地下的电性结构。

3 2 数据处理方法

资料处理方法主要步骤包括: A 数据预处理; B 二维滤波处理; C 地形及静态效应校正; D 数据反演; E 结合既有地层电性资料进行结果解释。

3 3 CEMP 工作概况

本次大地电磁测深于 2005 年 8 月 26 日开始至 9 月 15 日野外工作结束, 历时 21 天。共完成 CEMP 测线 3 条, 测线总长 21.5km, 坐标点 123 个 (含远参考点)。图 2 为野外数据采集原理图。

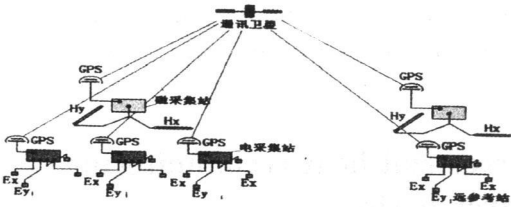


图 2 静安堡地区地热 CEMP 勘探数据采集原理图

3 4 CEMP 工作成果

3 4 1 典型类型分析

野外得到的原始曲线是 CEMP 最基础的资料。曲线类型是一个地区地电特征的基本反映。

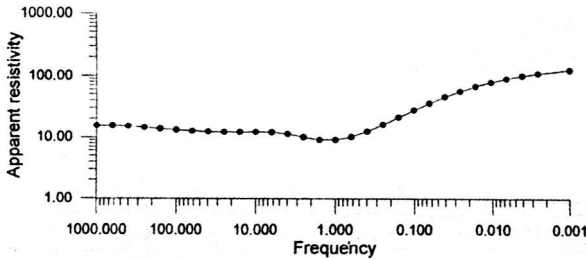


图 3 依据工区统计地电模型得到的正演电阻率曲线

图 3 是工区典型的曲线类型。从图中可以看出, 工区内曲线总体为高-低-高的“K”型曲线^[2,3]。反映该区自上而下高阻-低阻-高阻的总体结构。但低阻区的内幕有一些差别, 主要表现为一类 (A 类) 曲线为从最低逐步增大, 另一类 (B 类) 曲线为在低阻背景中形成一个次级高阻。由于测井表明本区的深部地下水发育层位普遍表现为低阻中的高阻, 电阻率曲线中这种不算明显的变化对地热地质分析能起到十分重要的作用。

3 4 2 剖面分析

根据反演电阻率剖面分析。揭示了工作区地电特征: 第一, 总体上浅部地层电性表现相对均匀, 表明该区浅部地层发育相对稳定; 中深部地层完整性居中; 深部地层完整性较差, 表明该区基底断裂发育, 极不完整。第二, 就电性特征而言, 浅部 500m 以上的地层, 表现为电性均匀的高阻特征, 该套电性层厚度 200—500m, 电阻率 10—12 $\cdot m$ 。中深部地层表现巨厚低阻, 大部分区域厚度超过 2500m, 局部超过 3000m, 电阻率 3—7 $\cdot m$ 。第三, 各条剖面深部多处出现电阻率等值线密集陡立, 推断在这些处发育着的隐伏断裂, 电阻率断面较清楚地反映了断裂的特征。第四, 测井资料表明, 基底地层电阻率多明显高于其上覆地层电阻率。所以在推断地热有利区时主要依据物探资料综合考虑上述特征, 而没有追踪某一套地层。

3 4 3 有利热储层划分

参照本地区地温场特征及收集到的测井资料, 根据本次地球物理勘探 (CEMP) 成果, 认为电阻率相对较高的下第三系沙一段和沙三段地层为本次地热开发的相对有利储层, 即地热开发

的相对有利区。详见图 4、图 5。

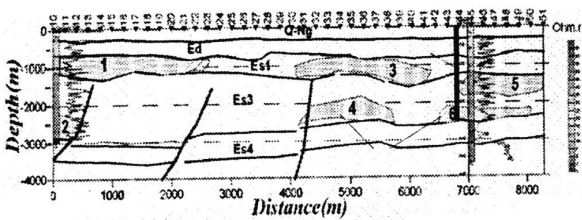


图 4 静安堡地区 CEMP- 1 线物探热储有利区分布剖面图

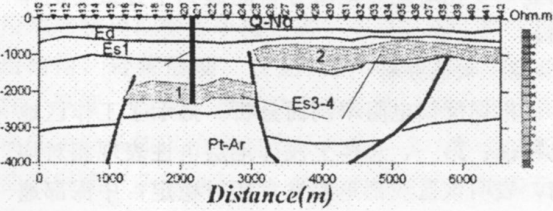


图 5 静安堡地区 CEMP- 2 线物探热储有利区分布剖面图

4 结 语

在本区区域石油地质及水文地质资料的基础上，根据 CEMP 工作成果所确定的有利热储层，我们在 CEMP- 1 线 44 号测点附近布置了一口地热井- 沈水 501 井，设计井深为 2 480m；在 CEMP- 2 线 21 号测点附近布置了一口地热井- 沈水 502 井，设计井深为 2 220m。2006 年这两口地热井完井，具体数据如下：

沈水 501 完井深度为：2 480m，井径为：Φ177. 8mm，单井出水量为：1 682m³/d，水位降深为：28. 74m，水温为：65. 5℃，地下水总矿化度为：833. 05mg/l。从 2006 年 8 月到目前动水位基本保持在 36m 左右。

沈水 502 完井深度为：2 220m，井径为：Φ177. 8mm，单井出水量为：760m³/d，水位降深为：34. 74m，水温为：59. 6℃，地下水总矿化度为：803. 00mg/l。从 2006 年 11 月到目前动水位基本保持在 39m 左右。

采用高分辨率连续电磁剖面法，对下辽河地质区域复杂的地区进行地热勘探，并取得了可信的结果，两口井的成功完井，CEMP 起到了决定性的作用，对下辽河地区地热资源的开发利用具有重要的示范作用。□

参考文献：

[1] 翟光明 等编. 中国石油地质志 (卷三) [M]. 石油工业出版社, 1993
[2] 黄碧涛. 连续电磁剖面法在西亚某区的应用 [J]. 石油物探, 2004, 43 (5): 501- 503
[3] 王一新, 王家林, 万明浩, 等. 石油综合地球物理方法与应用 [M]. 石油工业出版社, 1995 1- 180

Application of CEMP in deep layer terrestrial heat reconnoitering of the down Liao River basin

Yang Qi- lai

Abstract: High precision oil and gas reconnoitering data analysis reveals that the terrestrial heat is existed in diggings area, according to the geology structure feature and physical geography abnormality characteristic of Liao River break trap basin in the downstream of Liao River area. CEMP is used to explome in Jing'anbao district of Damintui in the basin. Two wells of terrestrial heat are built. It proves CEMP is reliable method for exploitation in the complex area of geology formation

Key words: CEMP- Continuing Electrical- Magnetic Profile; down Liao River; deep layer terrestrial heat; terrestrial heat well