

复杂探测地区连续电磁剖面法(CEMP)应用

汪卫毛

(江汉石油管理局地球物理勘探处, 湖北 潜江 433100)

[摘要] 依据连续电磁剖面(CEMP)方法, 可通过对工区地面和井下岩层物性数据的分析, 利用少量基于地震地质剖面, 建立相关地质模型, 以约束 CEMP 反演获得地下的电性结构特征, 然后进行地球物理资料的综合地质解释, 从而提高地质解释的可信度, 为开展沉积盆地分析、圈闭描述与油气评价提供大量的可靠信息。

[关键词] 电磁阵列; 静位移; 空间滤波; 黄土塬; 灰岩

[中图分类号] P631.2⁺ **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009—301X(2004)04—0018—(02)

由于在复杂地区(灰岩、黄土塬)进行地震资料采集和处理技术难度大、成本高, 而且很难采集到有效的地震资料。依据连续电磁剖面方法, 可通过对工区地面和井下物性数据的分析, 利用少量基于地震地质剖面, 建立相关地质模型, 约束电法 CEMP 反演获得地下电性结构特征, 然后进行地球物理资料的综合地质解释, 从而提高地质解释的可信度, 为开展沉积盆地分析、圈闭描述与油气评价提供大量的可靠信息。复杂地区电法 CEMP 测量可初步了解探区内的基底和盖层内各构造层的性质及埋深等信息, 特别是在构造复杂、地震资料品质较差、各种资料吻合程度较低的地区, CEMP 法发挥了较好的作用, 大大丰富了地质研究信息, 提高了地质解释的可信度, 为开展沉积盆地分析、圈闭描述与油气评价提供了大量可靠信息, 起到了较好的先导作用和综合作用。

1 基本原理

F. x. Bostick 提出的连续电磁剖面(CEMP)法, 是对常规 MT 方法的一种改进, 它比较有效地消除了地表不均匀体和地形起伏对 MT 曲线的影响, 提高了解释精度。由于更小的空间采样间隔和对场的连续采样可提高横向分辨能力; 通过自动的波数域低通滤波特殊处理, 压制表层电性不均匀体(火成岩、风化岩和冲积物等)的静态效应。

CEMP 方法中, 空间滤波的关键是对不同频率(对应不同穿透深度)和不同测点分别选取相应的最佳滤波窗口宽度和衰减系数。如果窗口过小, 将不利于消除不均匀性的影响; 如果过大, 将会圆滑掉深层的有用信息。

由于电磁法是一种“体积勘探”方法, 所以在地面上观测的大地电磁场的振幅和相位不仅和岩层的纵向电性特征有关, 而且和测点附近的电性横向变化有关。勘探频率越低, 则受到影响的范围越大。究其原因, 主要是浅层电性不均匀体表面积累的电荷使观测的电场发生畸变, 从而引起视电阻率曲线的畸变。以引起畸变的成因可将畸变分为两类: 电流型畸变和感应型畸变。电流型畸变又可进一步分为电流型电场畸变和电流型磁场畸变。由电磁场的基本理论出发, 不难推导出不均匀体导致的二次场的积分表达式为:

$$\frac{e_j(r)}{E_0} = \int_V \rho(r_0) K e_j(r, r_0) d\tau_0$$

$$\frac{h_j(r)}{H_0} = \int_V \rho(r_0) K h_j(r, r_0) d\tau_0$$

其中 K 为线性大地电磁问题的核函数。进一步若将核函数通过付氏变换, 可得波数域传输函数(TM 极化模式)如下: $\Gamma_{\eta}(\eta Z_0) = \frac{i\omega\mu\sigma_0}{i\xi} e^{-i(\xi+k)Z_0} + \frac{\eta^2}{i\xi} e^{-i(\xi+k)Z_0}$

$$\Gamma_{hr}(\eta Z_0) = 0 \quad \Gamma_{hz}(\eta Z_0) = 0$$

分析传输函数的第二项, 此乃为浅层电性不均匀给大地电磁曲线造成的静态影响, 或称为静态位移。

从上式中不难看出, 在波数域, 静态项表现为高通特性, η 越大, Z 越小, 其作用越明显。针对其特征, CEMP 方法的关键在于对波数域中的电磁响应数据进行低通滤波, 压制或削弱静态位移的影响。

2 应用效果

下面对川鄂西海相碳酸岩地区和西北黄土源地区两测线 CEMP 法反演解释进行结果分析:

2.1 川鄂西地区某测线 CEMP 反演

对测线的 ρ_{TE} 或 ρ_{TM} (本次反演选用 ρ_{TM}), 作 Bostick 一维反演, 并将反演结果作为进一步精确二维反演的初始模型。用人工交互式迭代法进行二维反演, 理论值与实测值达到最佳拟合效果后, 获得最终地电结构的几何和电阻率参数, 进而编绘反演后的电阻率—深度剖面图。如图 1:

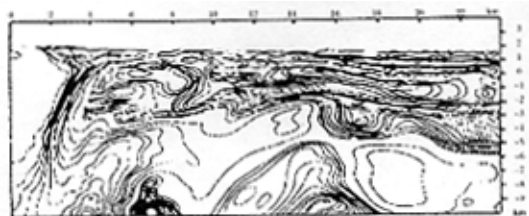


图 1 测线二维反演剖面(等值线)

根据反演的电阻率—深度剖面, 结合有关地面地质资料, 进行电法—地质综合解释。测线解释综合剖面见图 2。

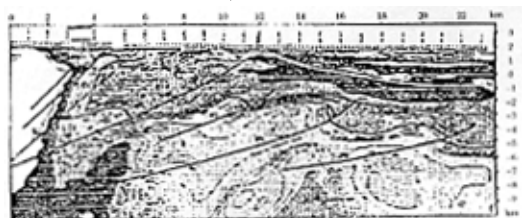


图 2 测线 CEMP 综合解释剖面

[收稿日期] 2004—03—23

[作者简介] 汪卫毛(1968—), 男, 江汉石油管理局地球物理勘探处 711 电法队工程师, 1991 年毕业于江汉石油学院, 主要从事电法勘探资料处理解释与研究工作。

反演电性剖面结构特征如下:

(1)垂向特征:高一低一高一低结构特征。南北有差异;表现在 N_2 地层上。北部无下高上低正旋回特征;南部有下高上低正旋回特征。这同地面地质剖面结构一致。

(2)横向特征:由南向北剖面电性上表现的铁克里克块体(高阻)—和田逆冲推覆构造带(复杂的电性结构)—和田凹陷(高阻—低阻—高阻)格局。

(3)电法剖面对比解释:测线为南北向测线,全长 24km,位于康开推覆构造亚带中段,冲断前缘变形复杂。剖面上表现为由南向北展布的多条南倾逆冲断裂冲断所构成的三角带。

2.2 西北黄土源工区某测线 CEMP 资料解释分析

测线为测区西南边缘剖面,视电阻率曲线类型大致相似,呈 QHK 型或 QHA 型;部分点曲线尾支下沉、首支上扬。曲线在中高频段基本重合,说明剖面中浅部一维性较好。

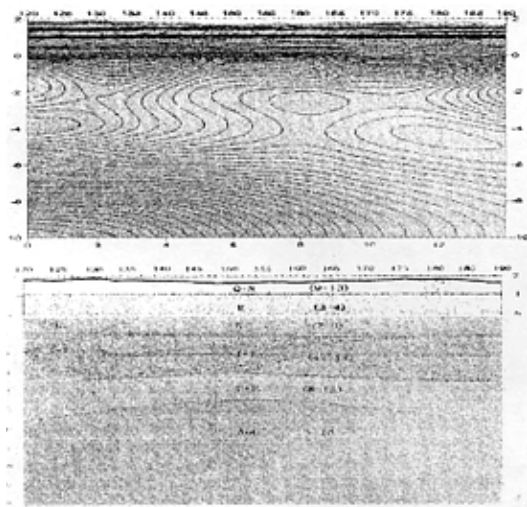


图3 西北工区某测线二维反演(上)与综合解释剖面(下)

视电阻率—频率断面图显示剖面从上往下可分为 3 个大套电性层,高阻、低阻、高阻,对次高阻层刻画不太清楚;相位—频率断面图反应剖面从上往下可分为 5 个电

性层,依次为次低阻、次高阻、低阻、高阻、次高阻。相位反应高阻层顶界面比较平缓;总纵向电导剖面图直观显示下伏高阻层顶部起伏形态;各向异性断面简洁显示剖面上部一维性好,下部二维性强,且 $\rho_{TM} > \rho_{TE}$ 。

综上所述,测线 CEMP 资料静态位移及地形影响十分复杂严重。为求取地下电性层的真实电阻率和厚度,我们对剖面进行了一维、二维连续介质反演。

我们以二维连续介质反演结果为基础,结合其周围地震测线与该测线综合剖面解释成果,建立剖面电性结构模型。

电性结构模型的电阻率为二维连续介质反演的电阻率,以此模型作二维层状约束反演获得的结果为最终电法—地质剖面结构,结合已知地质、重力、地震等其他资料进行综合解释,见图 3。

二维层状约束反演的拟合误差为 3.99%,证实结果是可信的。

3 结论

CEMP 电法测量作为盆地早期评价勘探方法之一,可用于解决大的区域地质构造问题,补充地震勘探成果,而在中期构造勘探中也可发挥重要的作用;同时 CEMP 可继续发挥以下一些重要的作用:

(1) 在山前逆冲推覆带地震难以获得好资料的地段,CEMP 方法可以得到高质量的有关电性分布方面的信息,这些信息从电性这一不同于速度的特殊物性,提供有用的解释资料。

(2) 以地下电性分布特征为前提,根据 CEMP 资料所圈定的探区的高阻砾岩体的存在,对重力资料的反演和解释提供标定条件和参考资料。

(3) 从地下电性分布特征出发,运用较成熟的电磁勘探方法技术—CEMP 空间高分辨率电磁技术这一手段,可从电性层分布特征出发,固定局部电性构造圈闭。

[参考文献]

- [1] 刘国栋等. 电磁方法研究与勘探[C]. 北京:地震出版社, 1993.
- [2] 阎世信等. 山地地球物理勘探技术[M]. 北京:石油工业出版社, 2000.

Application of Continuing Electrical—Magnetic Profile (CEMP) method in complex survey area

Wang Weimao

(Geophysical Exploration Department of Jiangnan Petroleum Administration,
SINOPEC, Qianjiang Hubei 433124, China)

Abstract: Based on the Continuing Electrical—Magnetic Profile(CEMP) method, through the analysis on physical parameters of layers both surface and borehole, and to utilize a few skeleton seismic profiles, the relative geological model is built to constraint CEMP inversion, thus the subsurface electrical structure characteristics are obtained. Then integrated geological interpretations of geophysical data are made, thus to enhance the reliability of geological interpretation and provide a lot of reliable information for sediment basin analysis, trap description and hydrocarbon estimation.

Key words: Electrical—Magnetic array; static shift; space filtering; loess plateau; limestone

[责任编辑 李开岚]