



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101520517 B

(45) 授权公告日 2011.06.22

(21) 申请号 200810007295.X

(22) 申请日 2008.02.25

(73) 专利权人 中国石油集团东方地球物理勘探  
有限责任公司

地址 072751 河北省涿州市范阳西路 189 号

(72) 发明人 何展翔 刘雪军 王志刚 董卫斌  
黄洲

(74) 专利代理机构 北京市中实友知识产权代理  
有限责任公司 11013

代理人 刘天语

(51) Int. Cl.

G01V 3/02 (2006.01)

G01V 3/38 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1580818 A, 2005.02.16, 全文.

WO 2006/041310 A1, 2006.04.20, 全文.

CN 101004454 A, 2007.07.25, 全文.

CN 101000378 A, 2007.07.18, 全文.

CN 1580819 A, 2006.02.16, 全文.

US 6028820 A, 2000.02.22, 全文.

CN 101008678 A, 2007.08.01, 全文.

WO 03/019237 A1, 2003.03.06, 全文.

何展翔

王绪本

孔繁恕

刘雪军等. 时 - 频电磁测深. 《中国地球物  
理学会年刊 2002——中国地球物理学会第十八  
届年会论文集》. 2002, 全文.

曹中林; 何展翔; 昌彦君. MT 激电效应的模  
拟研究及在油气检测中的应用. 《地球物理学进  
展》. 2006, (第 04 期), 全文.

何展翔. 圈定油气藏边界的井地电法研  
究. 《中国优秀博士学位论文全文数据库(博士)  
基础科技辑》. 2006, (第 12 期), 全文.

审查员 宋洁

权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 1 页

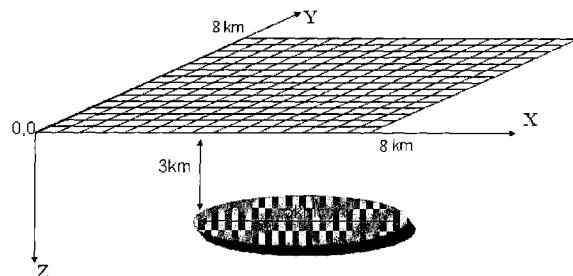
(54) 发明名称

一种能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方  
法

(57) 摘要

本发明是基于电阻率和激发极化效应的能准  
确评价碎屑岩盆地含油气目标的地球物理勘探  
方法。具体步骤是对目标区进行数据采集，对采集  
数据进行时间域、频率域处理，获得全区视电阻率  
和相位曲线，绘制极化效应的平面异常图，与油气  
藏的异常模式进行对比，确定含油圈闭，确定油气  
藏的位置边界，准确的识别含油气有利目标。本发  
明采用高精度的人工源时频电磁测深方法，探测  
从浅到深电性的立体变化，包括电阻率 R 和极化  
率 IP，就能很准确的识别含油气有利目标，从而  
提高钻探成功率。

CN 101520517 B



1. 一种能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于采用以下具体步骤:

1) 采用三维人工源时频电磁测深方法对目标区进行数据采集;

2) 对采集数据进行以下处理:

时间域处理:对低频方波,采用时间域处理方法获得全区视电阻率和相位曲线;

频率域处理:对所有记录信号进行傅立叶分析,获得频率域视电阻率和相位曲线;

采用三维电阻率级联自动成像方法获得研究目标的三维电阻率分布图;

采用约束反演获得激发极化效应的激发极化 IP 异常,引入反映激发极化效应的 cole-cole 模型来描述实际电阻率的复频特性:

$$\rho_s(iw) = \rho_0 \left\{ 1 - \eta \left[ 1 - \frac{1}{1 + (iw\tau)^c} \right] \right\}$$

式中  $\eta$ 、 $\tau$  和  $c$  分别为极化率、时间常数和频率相关系数,  $\rho_0$  为大地无极化时的电阻率,  $w$  为角频率;获得每条测线的大地无极化时的电阻率,在频率域做进一步反演,用上面的结果作初始模型,固定电阻率  $\rho_0$ ,只反演极化率  $\eta$  和时间常数  $\tau$  以及频率相关系数  $c$ ;

3) 绘制第一层至第三层的电阻率和极化效应的平面异常图;求取 0~200 米深度内的平均电阻率和激发极化 IP 异常,并绘制平面图作为第一层异常图;求取目标深度 H~500 至目标深度 H+500 米深度范围内的平均电阻率和激发极化 IP 异常,并绘制平面图作为第三层异常图;求取 200 米~目标深度 H~500 米范围内的平均电阻率和激发极化 IP 异常,并绘制平面图作为第二层异常图;

4) 与油气藏的异常模式进行对比,确定含油圈闭,确定油气藏的位置边界,准确的识别含油气有利目标。

2. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤

1) 所述的三维人工源时频电磁测深网密度为:500x500m 至 2000x2000m。

3. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤

1) 所述的三维人工源时频电磁测深激发方波频率从  $2^{-8}$  到  $2^{+8}$ Hz, 以二进幂递增,最低频率根据以下公式确定:

$$F_{min} = 6\pi \times 10^4 \times \rho / H^2$$

式中:  $\rho$  为大地的平均电阻率,  $H$  为目标深度。

4. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤

1) 所述的三维人工源时频电磁测深激发场源布置在测网的两侧,与测网的最小距离为:

$$Y_{min} \geq 3 \cdot 10^3 \cdot S_{max} \cdot H_{max}^4 \cdot \frac{\Delta V_{min}}{I \cdot L_{ab} \cdot q} \quad (1)$$

式中:

$S_{max}$ ——观测剖面上最大探测深度范围内的总纵电导值,单位为西门子 (S);

$H_{max}$ ——最大探测深度,单位为米 (m);

$\Delta V_{min}$ ——观测信号的最小有效值,单位为毫伏 (mV);

$L_{ab}$ ——发射源的实际长度,单位为米 (m);

$I$ ——发射源供电电流,单位为安培 (A);

$q$ ——线圈或磁棒的有效接收面积,单位为平方米 ( $m^2$ );

与测网的最大距离为  $Y_{max}$ :

$$Y_{\max} \leq 2 \cdot S_{\max} \cdot \left[ \frac{AB \cdot I \cdot q}{\Delta V_{干扰}} \cdot \rho_t \right]^{1/4} \quad (2)$$

式中：

$\rho_t$ ——观测剖面上平均视电阻率值,单位为欧姆米 ( $\Omega \text{m}$ ) ;

$\Delta V_{干扰}$ ——目标区干扰信号的平均值,单位为毫伏 (mV)。

5. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 1) 所述的三维人工源时频电磁测深两个激发场源的长度均与测网直径相当,为:  $L_{AB}^1 \approx L_{AB}^2 \approx D_{NET}$ 。

6. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 1) 所述的三维人工源时频电磁测深场源布置为垂直于目标区地质走向,场源的激发功率 200 千瓦,激发电流 80-100 安。

7. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 1) 所述的三维人工源时频电磁测深直径根据研究目标直径由下式确定测网大小:  $D_{NET} = (1+H)^{1/3} D_T$

式中 :  $D_{NET}$  为测网直径,  $D_T$  为目标直径,  $H$  为目标深度。

8. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 1) 所述的三维人工源时频电磁测深的测量份量为 :水平电场  $E_x, E_y$ , 水平磁场  $H_x, H_y$  和垂直磁场  $H_z$ 。

9. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 1) 所述的三维人工源时频电磁测深的测量份量以小面元布设,小面元为 3x3 网格九个测点每点测量 2 个电场份量  $E_x, E_y$ , 只中心点测量 3 个磁场份量。

10. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 2) 所述的三维电阻率级联自动成像方法是指,首先,进行每个测点频率域和时间域的一维反演,获得每个激发场源的四个电阻率 - 深度曲线,用每个测点的四个曲线的平均值构建电阻率 - 深度的三维模型;然后,以上述模型为初始模型进行平行于场源方向的二维反演,分别在频率域和时间域进行,获得四个二维电阻率 - 深度剖面,然后,对所获得的每个激发场源四个电阻率 - 深度曲线求平均值,构建目标区精度更高一些的三维电阻率成像;用上述由多个二维电阻率 - 深度剖面作为初始模型,进行快速三维反演,经过迭代就得到精确的三维反演成像结果。

11. 根据权利要求 1 所述的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法,其特征在于步骤 2) 所述的采用约束反演获得激发极化效应的激发极化 IP 异常方法,是指引入反映激发极化效应的 cole-cole 模型来描述实际电阻率的复频特性:用级联反演获得的电阻率 - 深度模型作初始模型,在频率域做进一步反演,固定电阻率  $\rho_0$ ,只反演极化率  $\eta$  和时间常数  $\tau$  以及频率相关系数  $c$ 。

## 一种能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地球物理油气勘探技术,是一种基于高精度电磁勘探综合研究目标电阻率和激发极化效应综合(PIR)油气异常信息的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法。

### 背景技术

[0002] 在油气勘探中,特别是隐蔽油气藏的勘探中,油气直接检测方法一直受到重视。常用的“亮点”技术一直应用于地震勘探用于识别油气目标,但这种方法对油气的地震属性的确定也不十分准确,钻探成功率依然没有因此而得到明显的提高,其中原因主要在于油气与水的波阻抗以及充填油气与没有充填波阻抗差别不明显。地球化学方法也是一种直接找油方法,但是只在地表采土样或气样,通过分析样品中的烃等化学组分来预测地下深处是否含油气藏,由于测量样品与地下深处的油气藏距离太远,效果往往不如人意。其它方法诸如遥感、微磁等也都类似。

[0003] 由于岩石电性与油气关系密切,油气与水的电阻率差异非常明显,充填油气与没有充填电阻率差别也非常明显,电测井中的电阻率、自然电位和极化率是识别评价含油气储层的主要参数,因此,电法在油气检测中占用重要地位。早在上世纪中叶激发极化法找油就盛行一时,但是,其主要的检测对象是近地表黄铁矿化,认为黄铁矿化与油气渗透形成的烟囱效应有关,而黄铁矿化带的激发极化效应很强,几十年的实践后表明,已知油气藏上方都能发现激发极化异常,但发现激发极化异常不一定能钻探出油气,究其原因之一是由于产生黄铁矿化的原因多样,二是油气烟囱产生的黄铁矿化与深部油气藏本身距离太远,由于地下地质结构多变很容易产生偏移,因此预测成功率低。尽管商业利益诱人的油气检测方法一直被广泛重视,但还没有出现一种令人信服有效的方法。

### 发明内容

[0004] 本发明目的是提供一种提高电磁法识别含油气有利目标的准确性,从而提高钻探井的成功率的能准确评价碎屑岩盆地含油气目标的方法。

[0005] 本发明采用以下具体步骤:

[0006] 1) 采用三维人工源时频电磁测深方法对目标区进行勘探;

[0007] 步骤1所述的三维人工源时频电磁测深网密度为:500×500m至2000×2000m;

[0008] 步骤1所述的三维人工源时频电磁测深激发方波频率从 $2^{-8}$ 到 $2^{+8}$ Hz,以二进密递增,最低频率根据以下公式确定:

[0009]  $F_{min} = 6\pi \times 10^4 \times \rho / H^2$

[0010] 式中: $\rho$ 为大地的平均电阻率, $H$ 为目标深度。

[0011] 步骤1所述的三维人工源时频电磁测深激发场源布置在测网的两侧,与测网的最小距离为:

$$[0012] \quad Y_{\min} \geq 3 \cdot 10^3 \cdot S_{\max} \cdot H_{\max}^4 \cdot \frac{\Delta V_{\min}}{I \cdot L_{ab} \cdot q} \quad (1)$$

[0013] 式中：

[0014]  $S_{\max}$ ——观测剖面上最大探测深度范围内的总纵电导值, 单位为西门子 (S) ;

[0015]  $H_{\max}$ ——最大探测深度, 单位为米 (m) ;

[0016]  $\Delta V_{\min}$ ——观测信号的最小有效值, 单位为毫伏 (mV) ;

[0017]  $L_{ab}$ ——发射源的实际长度, 单位为米 (m) ;

[0018]  $I$ ——发射源供电电流, 单位为安培 (A) ;

[0019]  $Q$ ——线圈或磁棒的有效接收面积, 单位为平方米 ( $m^2$ ) ;

[0020] 与测网的最大距离为  $Y_{\max}$  :

[0021]

$$Y_{\max} \leq 2 \cdot S_{\max} \cdot \left[ \frac{AB \cdot I \cdot q}{\Delta V_{干扰}} \cdot \rho_{\tau} \right]^{1/4} \quad (2)$$

[0022] 式中：

[0023]  $\rho_{\tau}$ ——观测剖面上平均视电阻率值, 单位为欧姆米 ( $\Omega m$ ) ;

[0024]  $\Delta V_{干扰}$ ——探区干扰信号的平均值, 单位为毫伏 (mV) ;

[0025] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深两个激发场源的长度均与测网直径相当, 为:  $L_{AB}^1 \approx L_{AB}^2 \approx D_{NET}$

[0026] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深场源 AB 布置垂直于测区地质走向。

[0027] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深场源的激发功率 200 千瓦, 激发电流 80~100 安。

[0028] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深直径根据研究目标直径由下式确定测网大小:  $D_{NET} = (1+H)^{1/3} D_T$

[0029] 式中:  $D_{NET}$  为测网直径,  $D_T$  为目标直径,  $H$  为目标深度。

[0030] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深要求测量出背景异常。

[0031] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深的测量份量: 水平电场  $E_x$ 、 $E_y$ , 水平磁场  $H_x$ 、 $H_y$  和垂直磁场  $H_z$ 。

[0032] 步骤 1 所述的三维人工源时频电磁测深量份量以小面元布设, 见图 2, 小面元为  $3 \times 3$  网格九个测点每点测量 2 个电场份量 ( $E_x$ 、 $E_y$ ), 只中心点测量 3 个磁场份量 ( $H_x$ 、 $H_y$ 、 $H_z$ ), 各个测站通过 GPS 同步。

[0033] 2) 对采集数据进行以下处理:

[0034] (1) 时间域处理: 对低频方波, 采用时间域处理方法获得全区视电阻率和相位曲线;

[0035] (2) 频率域处理: 对所有记录信号进行傅立叶分析, 获得频率域视电阻率和相位曲线;

[0036] (3) 采用三维电阻率级联自动成像方法获得研究目标的三维电阻率分布图;

[0037] 步骤 2) 所述的三维电阻率级联自动成像方法是指, 首先, 进行每个接收点频率域和时间域的一维反演, 获得每个激发场源的四个电阻率 - 深度曲线, 用每个测点的四个曲线的平均值构建电阻率 - 深度的三维模型; 然后, 以上述模型为初始模型进行平行于场源

方向的二维反演，分别在频率域和时间域进行，由于有两个场源，因此，可以获得四个二维电阻率 - 深度剖面，然后，对所获得的四个电阻率 - 深度曲线求平均值，即可构建探区精度更高一些的三维电阻率成像；用上述由多个二维反演构建的三维模型作为初始模型，进行快速三维反演，经过较少迭代就得到比较精确的三维反演成像结果。

[0038] (4) 采用约束反演获得激发极化效应的 IP 异常，即引入反映激发极化效应的 cole-cole 模型来描述实际电阻率的复频特性：

$$[0039] \rho_s(iw) = \rho_0 \left\{ 1 - \eta \left[ 1 - \frac{1}{1 + (iw\tau)^c} \right] \right\}$$

[0040] 式中  $m$ 、 $\tau$  和  $c$  分别为极化率、时间常数和频率相关系数， $\rho_0$  为大地无极化时的电阻率， $w$  为角频率。

[0041] 用步骤 2 的级联反演获得的电阻率 - 深度模型作初始模型，在频率域做进一步反演，固定电阻率  $\rho_0$ ，只反演极化率  $n$  和时间常数  $\tau$  以及频率相关系数  $c$ 。

[0042] 3) 绘制第一层至第三层的电阻率和极化效应 (IP) 的平面异常图；求取 0-200 米深度内的平均电阻率和 IP 异常，并绘制平面图作为第一层异常图；求取 H-500 至 H+500 米深度范围内的平均电阻率和 IP 异常，并绘制平面图作为第三层异常图；求取 200 米 -H-500 米范围内的平均电阻率和 IP 异常，并绘制平面图作为第二层异常图；

[0043] 4) 与油气藏的异常模式进行对比，确定含油圈闭，确定油气藏的位置边界，准确的识别含油气有利目标。

[0044] 本发明采用高精度的人工源时频电磁测深方法，探测从浅到深电性的立体变化，包括电阻率 R 和极化率 IP，就能很准确的识别含油气有利目标，从而提高钻探成功率。

## 附图说明

[0045] 图 1 为本发明三维电磁数据采集测网布设示意图；

[0046] 图 2 为本发明小面元三维布设示意图。

## 具体实施方式

[0047] 本发明实施目标深度为 3000 米，大地平均电阻率 10 欧姆迷，油气藏直径 5km。时频电磁三维测网布设如图 1 所示，测网为  $8 \times 8$  km，测点间距  $250 \times 250$  米，布设两个激发场源，场源  $L_{AB}^1 = L_{AB}^2 = 8$  km，分别布设于测网东西两侧，与测网距离为 5km，采用方波激发，激发频率 12 个，为 64、32、16、8、4、2、1、0.75、0.5、0.4、0.3、0.2Hz，测量小面元内电场和磁场份量，小面元为  $3 \times 3$  网格九个测点每点测量 2 个电场份量 ( $E_x, E_y$ )，中心点测量 3 个磁场份量 ( $H_x, H_y, H_z$ ) 图如 2 所示。

[0048] 数据处理，在频率域和时间域处理的基础上，对每个接收点数据进行频率域和时间域的一维反演，获得每个激发场源的四个电阻率 - 深度曲线，用每个测点的四个曲线的平均值构建电阻率 - 深度的三维模型；然后，以上述模型为初始模型进行平行于场源方向的二维反演，分别在频率域和时间域进行，由于有两个场源，因此，可以获得四个二维电阻率 - 深度剖面，进而可以构建探区三维电阻率成像。在此基础上采用约束反演获得激发极化 IP 异常，

[0049] 通过对这些场分量信息的三维成像重构地下物性模型，包括反映地下导电性的电

阻率立体分布,反映地下电极化特性的极化率立体分布。

[0050] 将三维立体物性模型进行分层解释,第一层:近地表0~200米,第二层:200~2500米,第三层:2500~3500米。绘制第一层的电阻率和极化率立体图,将高极化和低阻异常吻合的范围圈定出来;绘制第二层的电阻率和极化率异常立体图,将相对高阻、高极化异常吻合的范围圈定出来;绘制第三层的电阻率和极化率异常立体图,将高阻和相对高极化吻合的范围,以及低阻、高极化吻合的范围圈定出来。绘制并解释含油气有利目标的可视化图,第三层高阻(R)、高极化(IP)体为油气藏,低阻、高极化环状体为油田边水,第二层相对高阻、高极化异常体为油气向上运移逸散形成的烟囱,第一层低阻、高极化为由于油气运移、逸散至近地表产生的氧化还原物质。

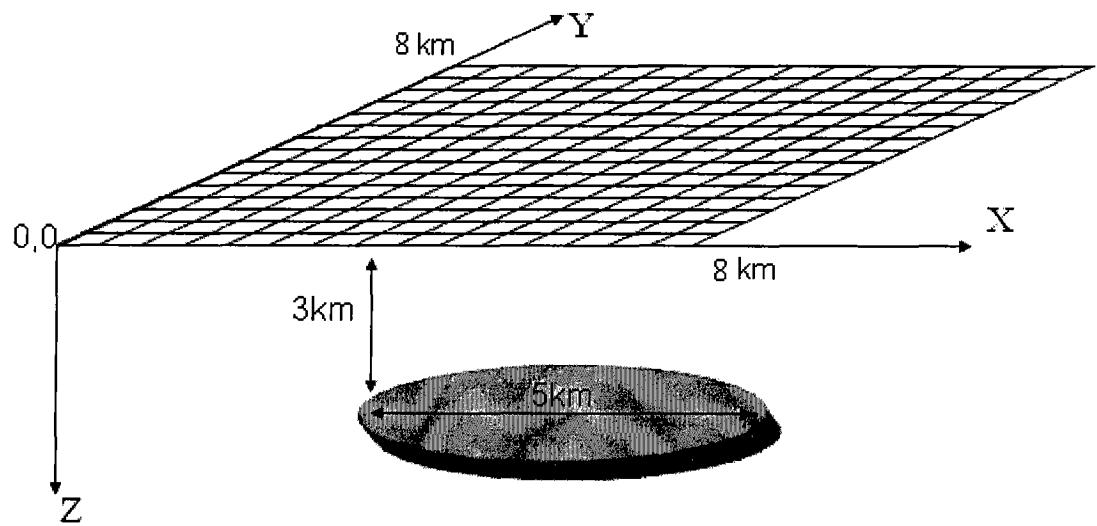


图 1

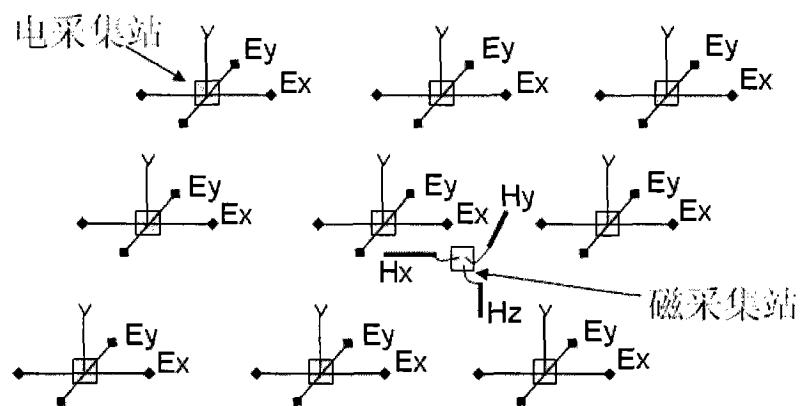


图 2