



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104514552 B

(45)授权公告日 2017.07.14

(21)申请号 201310449808.3

(22)申请日 2013.09.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104514552 A

(43)申请公布日 2015.04.15

(73)专利权人 中国石油天然气集团公司  
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

专利权人 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司

(72)发明人 张红英 孙鹏远 钱忠平 赵剑  
马光凯 万忠宏

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 吴贵明 张永明

(51)Int.Cl.  
E21B 49/00(2006.01)

(56)对比文件

US 7216702 B2,2007.05.15,  
CN 101253402 A,2008.08.27,  
CN 103114840 A,2013.05.22,  
CN 102830442 A,2012.12.19,  
CN 102536223 A,2012.07.04,

王志文.煤层含气量的测井评价技术.《中国优秀硕士学位论文全文数据库-基础科学辑》.2009,(第09期),

王安龙等.利用测井资料计算煤层含气量及工业组分方法研究.《油气藏评价与开发》.2011,第一卷(第1-2期),

张妮等.利用测井资料评价煤层气含气量的新方法.《国外油田工程》.2010,第26卷(第3期),

董维武.煤层气储层测井评价方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库-基础科学辑》.2012,(第05期),

审查员 黄龙

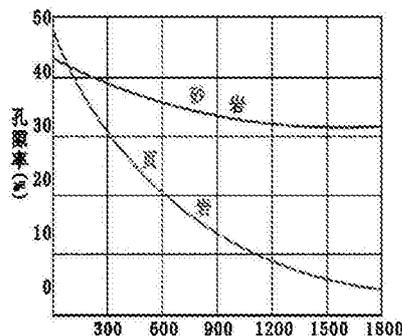
权利要求书3页 说明书6页 附图4页

## (54)发明名称

一种煤层气储层识别与丰度预测的方法

## (57)摘要

本发明是非常规气藏气勘探综合测井数据对煤层气储层识别与丰度预测的方法,在岩芯上读取特殊岩性地层深度和厚度,在测井曲线上将相应深度的地层层段删除,对工区内的测井数据进行计算得到煤层的物性数据的平均值和方差,标准化处理后建立多参数煤层气丰度预测公式,得到地层含气量变化曲线,根据地层含气量变化曲线,进行煤层气储层识别和丰度预测。本发明方法简便易行。成本低,运行效率高,可准确识别薄的煤层,煤层气储层丰度预测结果可靠。



1. 一种煤层气储层识别与丰度预测的方法,特点是采用以下步骤:

1) 钻井并在井中采集常规地球物理测井数据;

2) 消除储层埋深和压力对测井数据的影响;

3) 在岩芯剖面上,读取碳酸盐岩、火成岩特殊岩性地层深度位置和地层厚度,在测井曲线上将相应深度的地层层段数据删除,使其不参与统计;

4) 根据煤层的物性分布特点,对工区内的测井数据进行计算得到煤层的物性数据的平均值和方差,利用均值一方差法对测井资料进行标准化处理;

5) 在工区内已有实验室含气量测试结果参考井测井资料基础上,建立多参数煤层气丰度预测公式;

6) 对工区内没有进行实验室含气量测定的每口井中的测井曲线进行上述步骤2)至4)的处理,利用步骤5)建立的丰度预测公式对工区内没有进行实验室含气量测定的井进行含气量预测,得到每口井的地层含气量变化曲线;

7) 根据地层含气量变化曲线,进行煤层气储层识别,确定煤层气储层的厚度和埋藏深度,以及储层中煤层气丰度变化规律,

步骤5)所述的建立多参数煤层气丰度预测公式过程是:

(1) 选取工区中同时具有测井数据和实验室含气量测试结果的井作为参考井,用于丰度预测公式的建立;对这些井中的测井数据进行步骤1)至4)的处理;

(2) 建立多参数煤层气丰度预测公式:

$$V_{\text{gas}} = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5 + A_6X_6 \quad (1)$$

式中: $V_{\text{gas}}$ 是煤层气含气量数据, $A_0$ 是预测公式中的常数项;

$X_1 = \{x^1_1, x^2_1, \dots, x^n_1\}$  是地层的密度测井数据,其中, $x^n_1$ 是密度测井数据在目的层段中第n个点的数值; $A_1$ 是密度变量的加权系数; $X_2 = \{x^1_2, x^2_2, \dots, x^n_2\}$  是地层的纵波速度,其中, $x^n_2$ 是纵波速度数据在目的层段中第n个点的数值; $A_2$ 是纵波速度变量的加权系数;

$X_3 = \{x^1_3, x^2_3, \dots, x^n_3\}$  是地层的孔隙度数据,其中, $x^n_3$ 是孔隙度测井数据在目的层段中第n个点的数值, $A_3$ 是孔隙度变量的加权系数;

$X_4 = \{x^1_4, x^2_4, \dots, x^n_4\}$  是地层的伽马测井数据,其中, $x^n_4$ 是伽马测井数据在目的层段中第n个点的数值, $A_4$ 是伽马变量的加权系数;

$X_5 = \{x^1_5, x^2_5, \dots, x^n_5\}$  是地层的电阻率测井数据,其中, $x^n_5$ 是电阻率测井数据在目的层段中第n个点的数值, $A_5$ 是电阻率变量的加权系数;

$X_6 = \{x^1_6, x^2_6, \dots, x^n_6\}$  是井径变化数据,其中, $x^n_6$ 是井径数据在目的层段中第n个点的数值, $A_6$ 是井径变量的加权系数;

(3) 利用参考井中已有的实验室测定的煤层气含量和测井数据作为已知数据,对公式(1)进行多元回归分析,得到下列方程组:

$$(CC^T) \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} V_{gas1} \\ V_{gas2} \\ V_{gas3} \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ V_{gasn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中：

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_1^1 & x_1^2 & x_1^3 & \dots & x_1^n \\ x_2^1 & x_2^2 & x_2^3 & \dots & x_2^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_6^1 & x_6^2 & x_6^3 & \dots & x_6^n \end{bmatrix} \quad (3)$$

公式(2)中的 $A_0、A_1、A_2、A_3、A_4、A_5、A_6$ 为公式(1)中的加权系数， $\{V_{gas1}, V_{gas2}, \dots, V_{gasn}\}$ 是参考井在目的层段内的实验室测定的煤层气含量数据值，其中的 $V_{gasn}$ 是目的层段内第 $n$ 个点的含气量数据值；

公式(3)中的 $\{x^1_1, x^2_1, \dots, x^n_1\}$ 、 $\{x^1_2, x^2_2, \dots, x^n_2\}$ 、 $\{x^1_3, x^2_3, \dots, x^n_3\}$ 、 $\{x^1_4, x^2_4, \dots, x^n_4\}$ 、 $\{x^1_5, x^2_5, \dots, x^n_5\}$ 、 $\{x^1_6, x^2_6, \dots, x^n_6\}$ 的定义与公式(1)中的定义相同，是参考井中已知的不同类型的测井数据在目的层段内的离散采样值；

(4)用乔里斯基(Cholesky)分解算法解公式(2)，就得出公式(1)的加权系数 $A_0、A_1、A_2、A_3、A_4、A_5、A_6$ ，完成丰度预测公式。

2.根据权利要求1的方法，特点是步骤2)所述的消除储层埋深和压力对测井数据影响过程是：

- (1)用工区内煤层的孔隙度测井曲线，计算不同井中相同煤储层的平均孔隙度；
- (2)利用下式计算不同深度沉积物的孔隙度变化量；

$$\phi = \phi_0 e^{-cz} \quad (4)$$

其中， $\phi_0$ 是沉积物在地表的原始孔隙度， $C$ 为常数， $Z$ 是地层埋藏深度； $\phi_0$ 和 $C$ 用最小二乘曲线拟合得到；

(3)利用下式将不同埋深的孔隙度数据校正到同一埋藏深度 $Z_{de}$ ，得到埋深为 $Z_{de}$ 时地层的孔隙度 $\phi_1$ ；

$$\phi_1 = \phi_2 e^{-c(z_{de} - z_2)} \quad (5)$$

式中： $\phi_1$ 是埋深为 $Z_{de}$ 时地层的孔隙度， $Z_2$ 是地层的实际埋深， $\phi_2$ 是埋藏深度为 $Z_2$ 时地层的实际孔隙度。

3. 根据权利要求1的方法，特点是步骤4)所述的标准化处理是：

(1) 确定工区内目标井中目的层段的深度，将目的层段内的测井数据 $X(x^1, x^2, \dots, x^n)$ 作为期望值，计算均值 $E_x$ 和方差 $V(x)$ ；

其中： $(x^1, x^2, \dots, x^n)$ 是在目的层段内按照一定的采样间隔，测井数据 $X$ 的离散采样数据；即 $x^n$ 是同一类型的测井数据 $X$ 在目的层段内的第 $n$ 个点的采样值；

所述的测井数据 $X$ 包括声波时差、密度、自然伽马、电阻率、孔隙度；

(2) 将工区内其他井的需要标准化处理的测井数据作为测量值 $Y(y^1, y^2, \dots, y^n)$ ，并计算均值 $E_y$ 和方差 $V(y)$ ；

其中： $(y^1, y^2, \dots, y^n)$ 是在目的层段内按照一定的采样间隔，测量值 $Y$ 的离散采样数据；即 $y^n$ 是测量值 $Y$ 数据在目的层段内的第 $n$ 个点的数值；

所述的测量值 $Y$ 是工区内其他井中采集的，类型与测井数据 $X$ 类型相同的测井数据；

(3) 按照下式对测量值 $Y$ 标准化，得到标准化处理结果 $Z(z^1, z^2, \dots, z^n)$ ；

$$Z = \sqrt{\frac{V(x)}{V(y)}} * Y + [E_x - \sqrt{\frac{V(x)}{V(y)}} * E_y] \quad (6)$$

其中： $V(x)$ 是 $X$ 的方差， $E_x$ 是 $X$ 的均值； $Y$ 是需要进行归一化处理的测量值， $V(y)$ 是测量值 $Y$ 的方差； $E_y$ 是测量值 $Y$ 的均值。

4. 根据权利要求1的方法，特点是步骤7)所述的储层识别是：地层含气量超过 $8\text{m}^3/\text{t}$ 的地层为良好含气储层；含气量低于 $8\text{m}^3/\text{t}$ ，大于 $4\text{m}^3/\text{t}$ 所处的地层为含气地层，为储存有煤层气的泥炭或页岩；预测含气量低于 $4\text{m}^3/\text{t}$ 的地层为不含气地层。

## 一种煤层气储层识别与丰度预测的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及油气地球物理勘探技术,属于非常规气藏气勘探与开发领域,是综合测井数据对煤层气储层识别与丰度预测的方法。

### 背景技术

[0002] 目前煤层气产业的发展已经逐渐步入商业化阶段,并已成为非常规气藏勘探的一个重要方向。煤层气俗称“瓦斯”,又称“煤层甲烷”或“煤层瓦斯”,是指煤在形成演化过程中经生物化学和热解作用生成、并储集在煤层内以甲烷为主的天然气。煤层气的赋存状态以吸附态为主,非常独特,与常规储层中的天然气储存机理大不相同,其影响因素多样而复杂。如煤阶、压力(埋深)、煤层厚度、矿物质含量、煤层渗透率等因素。形成的储层为典型的自生自储,低渗透、变形双重介质,具有非均质性强、各向异性强、孔隙及裂隙结构复杂等特点,且多以薄互层为主,煤质结构复杂,储层物性特征纵横向变化较大。因此要进行煤层气藏的识别和丰度预测,存在很多困难。需要进行多方面的岩石物理、测井响应分析和模拟。

[0003] 准确识别煤储层的埋深及其厚度,是煤层气勘探开发的基础。目前,利用测井资料准确地识别煤层,确定煤层厚度的方法已经成熟,并且精度也越来越高。而进行煤层气储层识别以及丰度预测的方法主要是岩芯分析和实验室测定。但是由于岩芯采样间隔大(通常为25cm),费用高,耗时长。同时煤层硬度小、固结性差,很难进行有效采样和实验室分析。同时井口测量操作时影响因素较多,测量结果误差大。因此获得这类信息的成本高,耗时长,存在系统偏差。地球物理测井是在钻井完成后在井孔内利用测量电、声、热、放射性等物理性质的测井仪器进行地层物理性质探测,用以辨别地下岩石和流体性质的方法。具有分辨率高、种类齐全的特点,可以提供高精度的煤层气储层测井地质信息,是煤层气勘探开发中不可缺少的一个重要组成部分。煤层气储层的测井解释具有快速直观、分辨率高、费用低廉等特点,可弥补取心、试井及煤芯分析在这些方面的不足。

[0004] 在利用测井数据进行煤层含气量的估算方面,国内外采用的方法不外两种方式:一是利用单一的测井数据与实验测试量建立简单数学回归关系,然后估算储层含气量的计算方法。例如,根据密度测井数据估算煤岩成分及煤层气含量;利用空间模量差比法和电阻率比值法来识别煤层气层,根据煤层吸附条件进行含气量估算等方法。这些方法虽然考虑了煤层的特殊岩石物理特点,计算速度快,但是,考虑因素单一,有些参数不易求得。另一种就是开发新的适用于复杂岩性、复杂孔隙结构的高分辨率成像测井技术,如核磁共振测井、成像测井等,建立一套新的煤层气测井评价技术。但是这些先进的技术煤层气勘探中应用少,设备成本高,资料搜集困难,很难形成成熟技术广泛应用。所以,立足于现有的成熟的测井技术,综合对比分析相关的多种地球物理测井数据,进行煤层气储层的丰度评价,是切实可行的。并且,至今没有文献公开发表利用多种地球物理测井数据,结合实验室测试数据用于储层含气量的计算,进行储层识别和丰度预测。

### 发明内容

[0005] 本发明目的是提供一种准确的煤层气储层识别与丰度预测的方法。

[0006] 本发明步骤包括：

[0007] 1) 钻井并在井中采集常规地球物理测井数据；

[0008] 步骤1)所述的测井数据包括井径、声波时差、自然电位、密度、电阻率和自然伽马测井曲线。

[0009] 步骤1)所述的井中采集通常在一个工区内多口井采集。

[0010] 2) 消除储层埋深和压力对测井数据的影响；

[0011] 步骤2)所述的消除储层埋深和压力对测井数据的影响是：

[0012] (1) 用工区内煤层的孔隙度测井曲线，计算不同井中相同煤储层的平均孔隙度；

[0013] (2) 利用下式计算不同深度沉积物的孔隙度变化量；

$$[0014] \quad \phi = \phi_0 e^{-cz} \quad (4)$$

[0015] 其中， $\phi_0$ 是沉积物在地表的原始孔隙度， $c$ 为常数， $Z$ 是地层埋藏深度； $\phi_0$ 和 $c$ 用最小二乘曲线拟合得到；

[0016] (3) 利用下式将不同埋深的孔隙度数据校正到同一埋藏深度 $Z_{de}$ ，得到埋深为 $Z_{de}$ 时地层的孔隙度 $\phi_1$ ；

$$[0017] \quad \phi_1 = \phi_2 e^{-c(Z_2 - Z_{de})} \quad (5)$$

[0018] 式中： $\phi_1$ 是埋深为 $Z_{de}$ 时地层的孔隙度， $Z_2$ 是地层的实际埋深， $\phi_2$ 是埋藏深度为 $Z_2$ 时地层的实际孔隙度；

[0019] 3) 在岩芯剖面上，读取酸盐岩、火成岩等特殊岩性地层深度位置和地层厚度，在测井曲线上将相应深度的地层层段数据删除，使其不参与统计；

[0020] 4) 根据煤层的物性分布特点，对工区内的测井数据进行计算得到煤层的物性数据的平均值和方差，利用均值一方差法对测井资料进行标准化处理；

[0021] 步骤4)所述的煤层的物性是密度分布不高于 $1.9\text{g/cm}^3$ ，纵波速度不高于 $3500\text{m/s}$ ，孔隙度变化范围在 $2\% - 25\%$ 。

[0022] 步骤4)所述的标准化处理是：

[0023] (1) 确定工区内目标井中目的层段的深度，将目的层段内的测井数据 $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 作为期望值，计算均值 $E_X$ 和方差 $V(x)$ ；

[0024] 其中： $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是在目的层段内按照一定的采样间隔，测井数据 $X$ 的离散采样数据；即 $x_n$ 是同一类型的测井数据 $X$ 在目的层段内的第 $n$ 个点的采样值；

[0025] 所述的测井数据 $X$ 的数据类型包括声波时差、密度、自然伽马、电阻率、孔隙度。

[0026] (2) 将工区内其他井的需要标准化处理的测井数据作为测量值 $Y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ ，并计算均值 $E_Y$ 和方差 $V(y)$ ；

[0027] 其中： $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ 是在目的层段内按照一定的采样间隔，测井数据 $Y$ 的离散采样数据；即 $y_n$ 是 $Y$ 数据在目的层段内的第 $n$ 个点的数值；

[0028] 所述的 $Y$ 是工区内其他井中采集的，类型与 $X$ 数据类型相同的测井数据。

[0029] (3) 按照下式对测量值 $Y$ 标准化，得到的结果为 $Z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ ；

[0030] 
$$Z = \frac{\sqrt{V(x)}}{\sqrt{V(y)}} * Y + [E_x - \frac{\sqrt{V(x)}}{\sqrt{V(y)}} * E_y]$$
 (6)

[0031] 其中:V(x)是X的方差,E<sub>x</sub>是X的均值;Y是需要进行归一化处理的测量值,V(y)是测量值Y的方差;E<sub>y</sub>是测量值Y的方差;

[0032] 5)综合工区内多井的测井资料,建立多参数煤层气丰度预测公式;

[0033] 所述的建立多参数煤层气丰度预测公式过程是:

[0034] (1)选取工区中同时具有测井数据和实验室含气量测试结果的井作为参考井,用于丰度预测公式的建立;对这些井中的测井数据进行步骤1)至4)的处理;

[0035] (2)建立多参数煤层气丰度预测公式:

[0036] 
$$V_{gas} = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5 + A_6X_6$$
 (1)

[0037] 式中:V<sub>gas</sub>是煤层气含气量数据,A<sub>0</sub>是预测公式中的常数项;

[0038] X<sub>1</sub> = {x<sub>11</sub>, x<sub>21</sub>, ... x<sub>n1</sub>} 是地层的密度测井数据,其中,x<sub>n1</sub>是密度测井数据在目的层段中第n个点的数值;A<sub>1</sub>是密度变量的加权系数;

[0039] X<sub>2</sub> = {x<sub>12</sub>, x<sub>22</sub>, ... x<sub>n2</sub>} 是地层的纵波速度,其中,x<sub>n2</sub>是纵波速度数据在目的层段中第n个点的数值;A<sub>2</sub>是纵波速度变量的加权系数;

[0040] X<sub>3</sub> = {x<sub>13</sub>, x<sub>23</sub>, ... x<sub>n3</sub>} 是地层的孔隙度数据,其中,x<sub>n3</sub>是孔隙度测井数据在目的层段中第n个点的数值;A<sub>3</sub>是孔隙度变量的加权系数;

[0041] X<sub>4</sub> = {x<sub>14</sub>, x<sub>24</sub>, ... x<sub>n4</sub>} 是地层的伽马测井数据,其中,x<sub>n4</sub>是伽马测井数据在目的层段中第n个点的数值;A<sub>4</sub>是伽马变量的加权系数;

[0042] X<sub>5</sub> = {x<sub>15</sub>, x<sub>25</sub>, ... x<sub>n5</sub>} 是地层的电阻率测井数据,其中,x<sub>n5</sub>是电阻率测井数据在目的层段中第n个点的数值;A<sub>5</sub>是电阻率变量的加权系数;

[0043] X<sub>6</sub> = {x<sub>16</sub>, x<sub>26</sub>, ... x<sub>n6</sub>} 是井径变化数据,其中,x<sub>n6</sub>是井径数据在目的层段中第n个点的数值;A<sub>6</sub>是井径变量的加权系数;

[0044] (3)利用参考井中已有的实验室测定的煤层气含量和测井数据作为已知数据,对公式(1)进行多元回归分析,就可得到下列方程组:

[0045] 
$$(CC^T) \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \\ A_6 \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} V_{gas1} \\ V_{gas2} \\ V_{gas3} \\ \bullet \\ \bullet \\ \bullet \\ V_{gasn} \end{bmatrix}$$
 (2)

[0046] 其中:

$$[0047] \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_1^1 & x_1^2 & x_1^3 & \dots & x_1^n \\ x_2^1 & x_2^2 & x_2^3 & \dots & x_2^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_6^1 & x_6^2 & x_6^3 & \dots & x_6^n \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0048] 公式(2)中的 $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 为公式1中的加权系数,  $\{V_{\text{gas}1}, V_{\text{gas}2}, \dots, V_{\text{gas}n}\}$ 是参考井在目的层段内的实验室测定的煤层气含量数据值, 其中的 $V_{\text{gas}n}$ 是目的层段内第 $n$ 个点的含气量数据值;

[0049] 公式(3)中的 $\{x_{11}, x_{21}, \dots, x_{n1}\}$ 、 $\{x_{12}, x_{22}, \dots, x_{n2}\}$ 、 $\{x_{13}, x_{23}, \dots, x_{n3}\}$ 、 $\{x_{14}, x_{24}, \dots, x_{n4}\}$ 、 $\{x_{15}, x_{25}, \dots, x_{n5}\}$ 、 $\{x_{16}, x_{26}, \dots, x_{n6}\}$ 的定义与公式(1)中的定义相同, 是参考井中已知的不同类型的测井数据在目的层段内的离散采样值;

[0050] (4)用乔里斯基(Cholesky)分解算法解公式(2), 就得出公式(1)的加权系数 $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ , 完成丰度预测公式;

[0051] 6)对工区内没有进行实验室含气量测定的每口井中的测井曲线进行上述步骤2)至4)的处理, 利用丰度预测公式(1)对工区内没有进行实验室含气量测定的井进行含气量预测, 得到每口井的地层含气量变化曲线;

[0052] 步骤6)所述的测井曲线包括井径、密度、速度、孔隙度、伽马、电阻率曲线。

[0053] 7)分析地层含气量变化曲线, 进行煤层气储层识别, 确定煤层气储层的厚度和埋藏深度。

[0054] 所述的储层识别是: 地层含气量超过 $8\text{m}^3/\text{t}$ 的地层为良好含气储层; 含气量低于 $8\text{m}^3/\text{t}$ , 大于 $4\text{m}^3/\text{t}$ 所处的地层为含气地层, 为储存有煤层气的泥炭或页岩; 预测含气量低于 $4\text{m}^3/\text{t}$ 的地层为不含气地层。

[0055] 本发明利用常规测井采集得到的井径、密度、纵波声波、伽马、孔隙度、电阻率测井曲线, 准确判定煤层的埋藏深度和厚度, 并能预测煤层的含气量的变化规律, 评价储层含气丰度。该方法计算效率高, 数据获取简单。可以减少钻井取心、野外煤心采集以及实验室测试的费用和时间, 为煤田开发、煤层气开采提供可靠信息。

[0056] 本发明所述的含气层划分和预测的方法, 其优势主要表现为:

[0057] 利用常规测井数据就可进行准确的含气层划分, 方法简便易行。成本低, 运行效率高。

[0058] 所使用的数据为测井数据, 采样间隔小, 所以得到的估算结果分辨率高, 可准确识别薄的煤层, 煤层气储层丰度预测结果可靠。

## 附图说明

[0059] 图1孔隙度随地层深度变化分析图;

- [0060] 图2岩性剖面；  
[0061] 图3利用本发明进行的某井1含气层丰度预测结果；  
[0062] 图4利用本发明进行的某井2含气层丰度预测结果；  
[0063] 图5利用本发明进行的某井3含气层丰度预测结果。

### 具体实施方式

[0064] 本发明根据煤层的特殊岩石物理性质以及煤层气的独特贮存方式,利用煤层在常规测井数据上的变化规律,消除埋深、岩性等地质因素对测井数据的影响,在井筒附近进行煤层气含气层段的划分。并结合实验室含气量检测结果,利用多元线性回归分析方法,对煤层的含气量进行半定量预测,为煤层气勘探提供一个较为客观、相对准确的含气量评价方法。

[0065] 本发明的具体实施方式为:

[0066] 1) 钻井并在井中采集常规地球物理测井数据;测井数据包括井径、声波时差、自然电位、密度、电阻率和自然伽马测井曲线。

[0067] 2) 消除储层埋深和压力对测井数据的影响;基本步骤是:

[0068] 首先利用用工区内煤层的孔隙度测井曲线,计算不同井中相同煤储层的平均孔隙度;

[0069] 然后利用公式(4)计算不同深度沉积物的孔隙度变化量,如图1;

[0070] 最后利用公式(5)将不同埋深的孔隙度数据校正到同一埋藏深度 $Z_{de}$ ,得到埋深为 $Z_{de}$ 时地层的孔隙度 $\phi_1$ ;

[0071] 3) 在岩芯剖面上,读取酸盐岩和火成岩地层深度位置和地层厚度,在测井曲线上将相应深度的地层层段数据删除,使其不参与统计,如图2;

[0072] 4) 根据煤层的物性分布特点,对工区内的测井数据进行计算得到煤层的物性数据的平均值和方差,利用均值一方差法对测井资料进行标准化处理;相应的标准化处理过程是:

[0073] (1) 确定工区内目标井中目的层段的深度,将目的层段内的测井数据 $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 作为期望值,计算均值 $E_X$ 和方差 $V(x)$ ;

[0074] 其中: $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是在目的层段内按照一定的采样间隔,测井数据 $X$ 的离散采样数据;即 $x_n$ 是同一类型的测井数据 $X$ 在目的层段内的第 $n$ 个点的采样值;

[0075] 所述的测井数据 $X$ 包括声波时差、密度、自然伽马、电阻率。

[0076] (2) 将工区内其他井的需要标准化处理的测井数据作为测量值 $Y(y_1, y_2, \dots, y_n)$ ,并计算均值 $E_Y$ 和方差 $V(y)$ ;

[0077] 其中: $(y_1, y_2, \dots, y_n)$ 是在目的层段内按照一定的采样间隔,测井数据 $Y$ 的离散采样数据;即 $y_n$ 是 $Y$ 数据在目的层段内的第 $n$ 个点的数值;

[0078] 所述的 $Y$ 是工区内其他井中采集的,类型与 $X$ 数据类型相同的测井数据。

[0079] (3) 按照公式(6)对测量值 $Y$ 标准化,得到标准化处理结果 $Z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ ;

[0080] 5) 综合工区内多井的测井资料,建立多参数煤层气丰度预测公式(4);所述的建立多参数煤层气丰度预测公式过程是:

[0081] (1) 选取工区中同时具有测井数据和实验室含气量测试结果的井作为参考井,用

于丰度预测公式的建立;对这些井中的测井数据进行步骤1)至4)的处理;

[0082] (2) 利用参考井中已有的实验室测定的煤层气含量和测井数据作为已知数据,对公式(1)进行多元回归分析,就得出公式(1)的加权系数 $A_0$ 、 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ ,完成丰度预测公式的建立;

[0083] 6) 对工区内没有进行实验室含气量测定的每口井中的测井曲线进行上述步骤2)至4)的处理,利用丰度预测公式(1)对工区内没有进行实验室含气量测定的井进行含气量预测,得到每口井的地层含气量丰度预测曲线,如图3、4、5;

[0084] 7) 分析地层含气量丰度预测曲线,进行煤层气储层识别,确定煤层气储层的厚度和埋藏深度如图3、4、5。





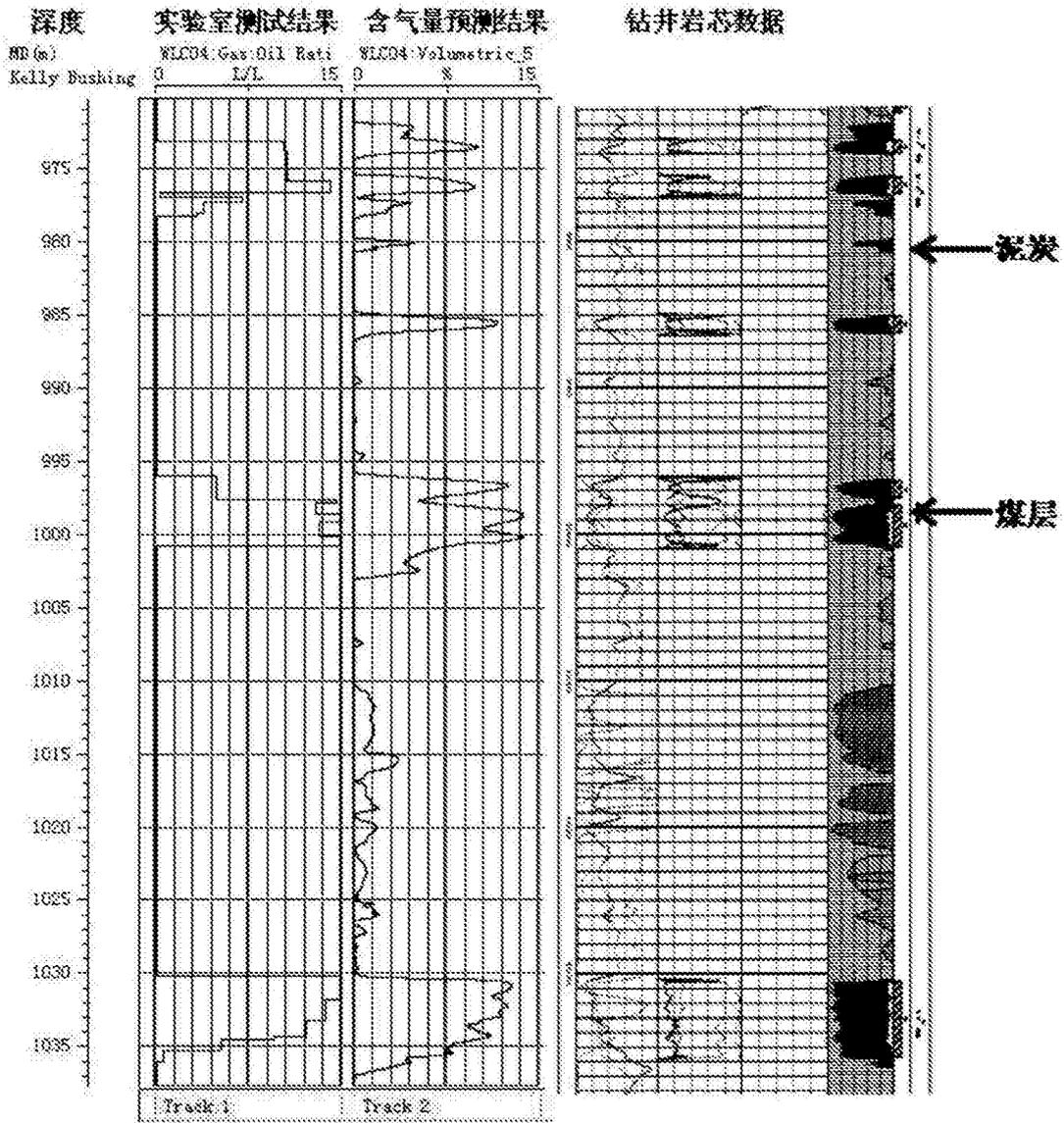


图4

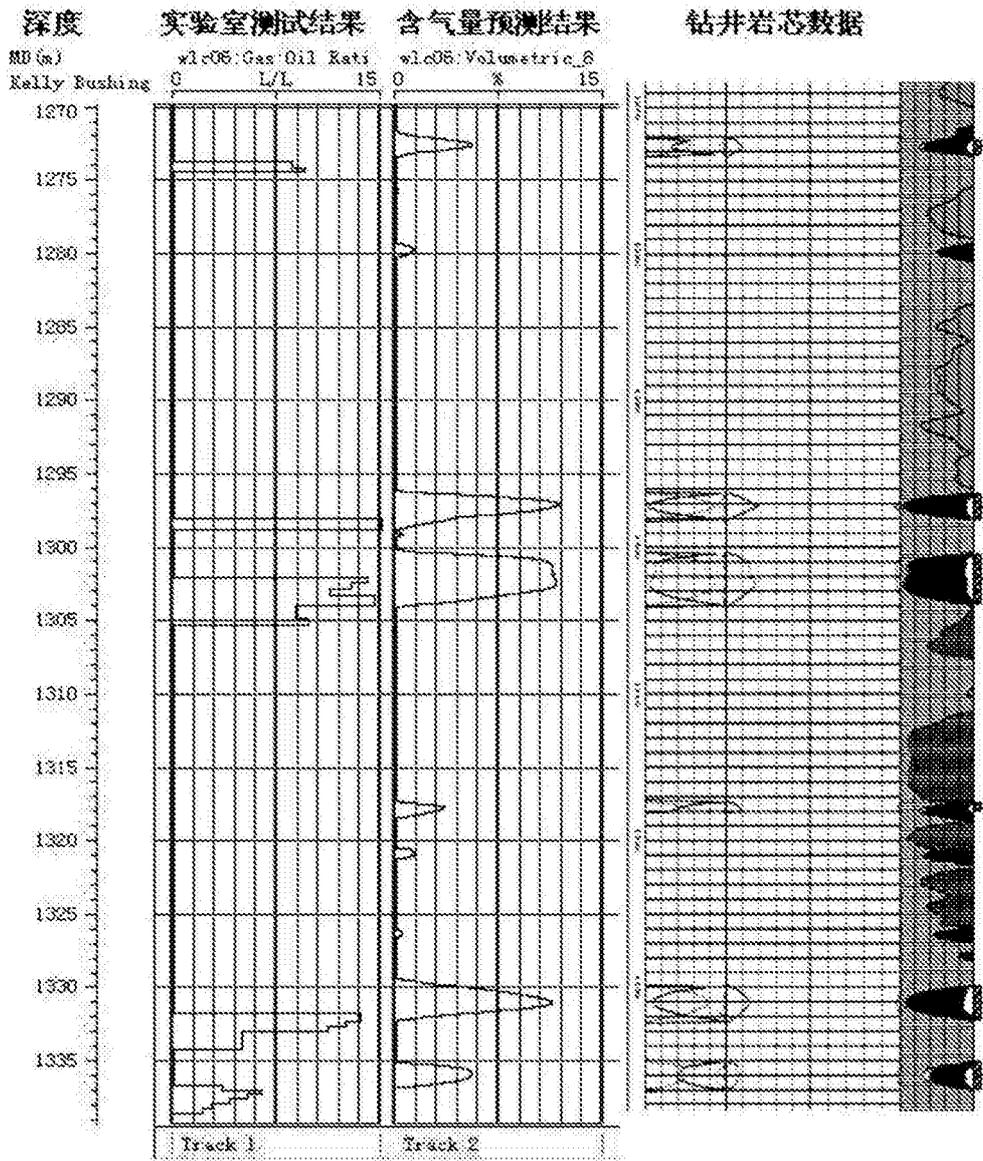


图5