



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104750884 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201310730735. 5

(22) 申请日 2013. 12. 26

(71) 申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22 号

申请人 中国石油化工股份有限公司胜利油
田分公司物探研究院

(72) 发明人 张营革 宋亮 张云银 谭明友

王楠 牟敏 魏欣伟 张鹏

关昌田 胡贤根

(74) 专利代理机构 东营双桥专利代理有限责任

公司 37107

代理人 侯华颂

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006. 01)

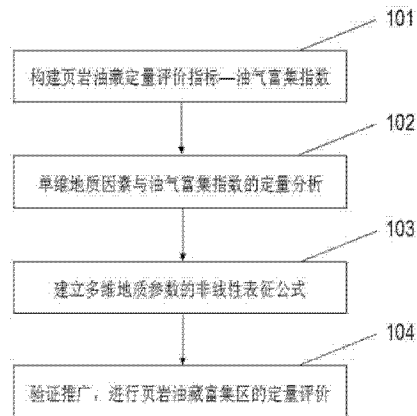
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54) 发明名称

基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数
定量评价方法

(57) 摘要

本发明提供一种基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法,该方法包括构建页岩油藏的定量评价指标,并进行单维地质因素的定量分析;以及综合多维地质参数建立非线性回归公式,进行页岩油藏富集区定量评价。该基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法融合了影响页岩油藏发育的多种地质因素,建立了基于多维地质参数的非线性页岩油藏表征公式,提高了地质因素表征页岩油藏的定量化水平,可为高成熟勘探区中页岩油藏富集区评价提供重要参考依据。



1. 基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法,其特征在于包括:

步骤 1,综合多种油藏信息,构建页岩油藏的定量评价指标——油气富集指数;

步骤 2,确定影响页岩油藏发育的多种地质因素,进行单维地质因素的定量分析,并与已知油气富集指数进行单维定量交会分析;

步骤 3,综合多种地质参数,采用多维自变量的加法模型,建立多维地质参数的非线性回归公式;

步骤 4,进行页岩油藏富集区的定量评价。

2. 根据权利要求 1 所述的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法,其特征在于,

在步骤 1 中根据已有钻探结果,将页岩油藏划分为富集和不富集两类,并分别对应提取多种油藏信息,建立典型的样本集合;其中,多种油藏信息包括岩心实测的孔渗数据、成像测井直接测量得到的裂缝密度和裂缝长度参数,或者是各种常规测井数据;根据典型样本所提供的各类油藏信息,总结出分类的规律性,建立多元线性判别公式,即:

$$S = \sum_{i=1}^n k_i s_i + k_0$$

式中, S 为定义的油气富集指数, s_i 为某项油藏信息参数, k_i 为待定系数, k_0 为常数, n 为采用油藏信息的个数;

在步骤 2,确定影响页岩油藏发育的地质因素包括构造、岩性和压力三大因素;其中,构造因素包括断层拉张量、距离断层远近和曲率大小参数;岩性因素包括脆性矿物含量、页岩单层厚度和岩石结构参数;压力因素主要指地层压力系数参数;

在步骤 3,在建立多维地质参数非线性回归公式时,按照拟线性的方式,采用多维自变量的加法模型,即:

$$S = f_1(e, d, c) + f_2(v, h, t) + f_3(p) + \varepsilon$$

式中, S 为已知的油气富集指数, $f_1(e, d, c)$ 为构造因素造成的油气富集指数变化函数, $f_2(v, h, t)$ 为岩性因素造成的油气富集指数变化函数, $f_3(p)$ 为压力因素造成的油气富集指数变化函数;其中, e 为断层拉张量, d 为距离断层远近, c 为曲率大小, v 为脆性矿物含量, h 为页岩单层厚度, t 为岩石结构, p 为地层压力系数, ε 为常数;

在步骤 4,根据建立的多维地质参数非线性回归公式,结合单井或特定区域的构造、岩性和压力各种地质数据,进行页岩油藏的定量表征,评价页岩油藏的发育程度。

3. 根据权利要求 2 所述的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法,其特征在于,在步骤 3 中,为确定非线性回归中的各项待定参数,应用最小二乘法原理,将单井中已知油气富集指数 S'_i 与计算的 S_i 的离差平方和达到最小值作为数据拟合的最终目标,即:

$$\sum_{i=1}^n (S_i - S'_i)^2 \text{ 为最小值时,各项待定参数的取值即为最优参数值。}$$

基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及非常规油气地质勘探资料处理方法领域，特别是涉及到一种基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法。

背景技术

[0002] 大量的勘探实践表明，页岩油藏勘探的关键是寻找油气的相对富集区。传统的基于地化分析指标的烃源岩评价方法，主要适用于勘探初期的含油气远景分析。但对于高成熟勘探区，这种方法采样点少、精度不高，费时费力，无法细致地表征页岩油藏在空间分布上的非均质性，对于页岩油藏富集区的定量评价已不适用。因此，需要研究建立适合于高成熟勘探区的页岩油藏定量评价方法。

[0003] 目前，已有国内外学者对页岩气藏的勘探目标评价方法进行了大量研究和论述，对页岩油藏此方面的研究具有较大的参考价值。但多数文献考虑的成藏因素众多，研究并不深入，仅停留在定性的分析阶段，如《页岩气形成条件及成藏影响因素研究》（王祥等，《天然气地球科学》，2010年4月第21卷第2期），《页岩气富集与高产的地质因素和过程》（范昌育等，《石油实验地质》，2010年10月第32卷第5期）。近年来，也有学者对页岩气藏的勘探目标评价方法进行了多指标、综合定量分析的尝试，如《页岩气成藏特点及勘探选区条件》（范柏江等，《油气地质与采收率》，2011年11月第18卷第6期）、《页岩气“甜点”评价与预测——以四川盆地建南地区侏罗系为例》（周德华等，《石油实验地质》，2012年3月第34卷第2期）。但这些方法中各个影响参数的定量评价标准需人为定义，不同参数的权重赋值较为随意，受人为因素影响较大，仍属于半定量的分析。本发明综合考虑了影响页岩油藏发育的多种地质因素，在构建定量评价指标的基础上，建立了较为客观的、基于多因素非线性的页岩油藏定量表征公式，为高成熟勘探区中该类油藏富集区评价提供了一种新的方法。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种适用于高成熟勘探区，可综合定量评价页岩油藏富集区的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法。

[0005] 本发明的目的可通过如下技术措施来实现：

[0006] 基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法包括：

[0007] 步骤1，综合多种油藏信息，构建页岩油藏的定量评价指标——油气富集指数；

[0008] 步骤2，确定影响页岩油藏发育的多种地质因素，进行单维地质因素的定量分析，并与已知油气富集指数进行单维定量交会分析；

[0009] 步骤3，综合多种地质参数，采用多维自变量的加法模型，建立多维地质参数的非线性回归（表征）公式；

[0010] 步骤4，进行页岩油藏富集区的定量评价。

[0011] 上述的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法优化方案是：

[0012] 在步骤1中根据已有钻探结果，将页岩油藏划分为富集和不富集两类，并分别对

应提取多种油藏信息,建立典型的样本集合;其中,多种油藏信息包括岩心实测的孔渗数据、成像测井直接测量得到的裂缝密度和裂缝长度参数,或者是各种常规测井数据;根据典型样本所提供的各类油藏信息,总结出分类的规律性,建立多元线性判别公式,即:

$$[0013] \quad S = \sum_{i=1}^n k_i s_i + k_0$$

[0014] 式中, S 为定义的油气富集指数, s_i 为某项油藏信息参数, k_i 为待定系数, k_0 为常数, n 为采用油藏信息的个数;

[0015] 在步骤 2,确定影响页岩油藏发育的地质因素包括构造、岩性和压力三大因素;其中,构造因素包括断层拉张量、距离断层远近和曲率大小参数;岩性因素包括脆性矿物含量、页岩单层厚度和岩石结构参数;压力因素主要指地层压力系数参数;

[0016] 在步骤 3,在建立多维地质参数非线性回归公式时,按照拟线性的方式,采用多维自变量的加法模型,即:

$$[0017] \quad S = f_1(e, d, c) + f_2(v, h, t) + f_3(p) + \varepsilon$$

[0018] 式中, S 为已知的油气富集指数, $f_1(e, d, c)$ 为构造因素造成的油气富集指数变化函数, $f_2(v, h, t)$ 为岩性因素造成的油气富集指数变化函数, $f_3(p)$ 为压力因素造成的油气富集指数变化函数;其中, e 为断层拉张量, d 为距离断层远近, c 为曲率大小, v 为脆性矿物含量, h 为页岩单层厚度, t 为岩石结构, p 为地层压力系数, ε 为常数;

[0019] 在步骤 4,根据建立的多维地质参数非线性回归公式,结合单井或特定区域的构造、岩性和压力各种地质数据,进行页岩油藏的定量表征,评价页岩油藏的发育程度。

[0020] 上述方案更进一步优化方案是:

[0021] 在步骤 3 中,为确定非线性回归中的各项待定参数,应用最小二乘法原理,将单井中已知油气富集指数 S'_i 与计算的 S_i 的离差平方和达到最小值作为数据拟合的最终目标,即:

$$[0022] \quad \sum_{i=1}^n (S_i - S'_i)^2 \text{ 为最小值时,各项待定参数的取值即为最优参数值。}$$

[0023] 本发明的有益效果:

[0024] 本发明中的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法,融合了影响页岩油藏发育的多种地质因素,建立了基于多维地质参数的非线性页岩油藏表征公式。该方法进一步提高了地质因素表征页岩油藏的定量化水平,改善了勘探目标的空间表征精度,可为高成熟勘探区中页岩油藏富集区的评价提供重要参考依据。该方法具有良好的应用效果和推广前景。

附图说明

[0025] 图 1 为本发明的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法的一具体实施例的流程图;

[0026] 图 2 是油气富集指数 S 与距离断层大小 d 的定量交会分析图;

[0027] 图 3 是油气富集指数 S 与断层拉张量 e 的定量交会分析图;

[0028] 图 4 是油气富集指数 S 与曲率大小 c 的定量交会分析图;

[0029] 图 5 是油气富集指数 S 与脆性矿物含量 v 的定量交会分析图;

- [0030] 图 6 是油气富集指数 S 与页岩单层厚度 h 的定量交会分析图；
 [0031] 图 7 是油气富集指数 S 与地层压力系数 p 的定量交会分析图；
 [0032] 图 8 是在实际井区应用非线性回归公式计算油气富集指数 S 后的相对误差分布图；
 [0033] 图 9 是多因素非线性回归公式计算的页岩油气富集指数 S 的平面分布图。

具体实施方式

[0034] 下文特举出两个较佳实施例，并配合附图，作详细说明如下。

[0035] 实施例 1

[0036] 如图 1 所示，图 1 为本发明的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法的流程图。

[0037] 在步骤 101，综合多种油藏信息，构建页岩油藏的定量评价指标—油气富集指数。根据已有钻探结果，将页岩油藏划分为富集和不富集两类，并分别对应提取多种油藏信息，建立典型的样本集合。其中，多种油藏信息可以是岩心实测的孔渗数据、成像测井直接测量得到的裂缝密度、裂缝长度等参数，也可以是各种常规测井数据。根据典型样本所提供的各类油藏信息，总结出分类的规律性，建立多元线性判别公式，即：

$$[0038] \quad S = \sum_{i=1}^n k_i s_i + k_0$$

[0039] 式中，S 为定义的油气富集指数， s_i 为某项油藏信息参数， k_i 为待定系数， k_0 为常数，n 为采用油藏信息的个数。流程进入到步骤 102。

[0040] 在步骤 102，确定影响页岩油藏发育的多种地质因素，并与已知油气富集指数进行单维定量交会分析。影响页岩油藏发育的地质因素包括构造、岩性和压力等三大因素。其中，构造因素包括断层拉张量、距离断层远近和曲率大小等参数；岩性因素包括脆性矿物含量、页岩单层厚度和岩石结构等参数；压力因素主要指地层压力系数参数。流程进入到步骤 103。

[0041] 在步骤 103，在建立多维地质参数非线性回归公式时，根据拟线性的思想，采用多维自变量的加法模型，即：

$$[0042] \quad S = f_1(e, d, c) + f_2(v, h, t) + f_3(p) + \varepsilon$$

[0043] 式中，S 为已知的油气富集指数， $f_1(e, d, c)$ 为构造因素造成的油气富集指数变化函数， $f_2(v, h, t)$ 为岩性因素造成的油气富集指数变化函数， $f_3(p)$ 为压力因素造成的油气富集指数变化函数。其中，e 为断层拉张量，d 为距离断层远近，c 为曲率大小，v 为脆性矿物含量，h 为页岩单层厚度，t 为岩石结构，p 为地层压力系数， ε 为常数。

[0044] 在步骤 104，根据建立的多维地质参数非线性回归公式，结合单井或特定区域的构造、岩性和压力等各种地质数据，进行页岩油藏的定量表征，评价页岩油藏的发育程度。

[0045] 实施例 2

[0046] 如图 1 所示，图 1 为本发明的基于多因素非线性回归的页岩油气富集指数定量评价方法的流程图。

[0047] 在步骤 101，综合多种油藏信息，构建页岩油藏的定量评价指标—油气富集指数。根据已有钻探结果，将页岩油藏划分为富集和不富集两类，并分别对应提取多种油藏信息，

建立典型的样本集合。其中,多种油藏信息可以是岩心实测的孔渗数据、成像测井直接测量得到的裂缝密度、裂缝长度等参数,也可以是各种常规测井数据。根据典型样本所提供的各类油藏信息,总结出分类的规律性,建立多元线性判别公式,即:

$$[0048] \quad S = \sum_{i=1}^n k_i s_i + k_0$$

[0049] 式中, S 为定义的油气富集指数, s_i 为某项油藏信息参数, k_i 为待定系数, k_0 为常数, n 为采用油藏信息的个数。流程进入到步骤 102。

[0050] 在步骤 102,确定影响页岩油藏发育的多种地质因素,并与已知油气富集指数进行单维定量交会分析。影响页岩油藏发育的地质因素包括构造、岩性和压力等三大因素。其中,构造因素包括断层拉张量、距离断层远近和曲率大小等参数;岩性因素包括脆性矿物含量、页岩单层厚度和岩石结构等参数;压力因素主要指地层压力系数参数。流程进入到步骤 103。

[0051] 在步骤 103,在建立多维地质参数非线性回归公式时,根据拟线性的思想,采用多维自变量的加法模型,即:

$$[0052] \quad S = f_1(e, d, c) + f_2(v, h, t) + f_3(p) + \varepsilon$$

[0053] 式中, S 为已知的油气富集指数, $f_1(e, d, c)$ 为构造因素造成的油气富集指数变化函数, $f_2(v, h, t)$ 为岩性因素造成的油气富集指数变化函数, $f_3(p)$ 为压力因素造成的油气富集指数变化函数。其中, e 为断层拉张量, d 为距离断层远近, c 为曲率大小, v 为脆性矿物含量, h 为页岩单层厚度, t 为岩石结构, p 为地层压力系数, ε 为常数。

[0054] 在步骤 3 中,为确定非线性回归中的各项待定参数,应用最小二乘法原理,将单井中已知油气富集指数 S'_i 与计算的 S_i 的离差平方和达到最小值作为数据拟合的最终目标,即:

$$[0055] \quad \sum_{i=1}^n (S_i - S'_i)^2 \text{ 为最小值时,各项待定参数的取值即为最优参数值。}$$

[0056] 在步骤 104,根据建立的多维地质参数非线性回归公式,结合单井或特定区域的构造、岩性和压力等各种地质数据,进行页岩油藏的定量表征,评价页岩油藏的发育程度。

[0057] 图 2 是油气富集指数 S 与距离断层大小 d 的定量交会分析图,图 3 是油气富集指数 S 与断层拉张量 e 的定量交会分析图,图 4 是油气富集指数 S 与曲率大小 c 的定量交会分析图,图 5 是油气富集指数 S 与脆性矿物含量 v 的定量交会分析图,图 6 是油气富集指数 S 与页岩单层厚度 h 的定量交会分析图,图 7 是油气富集指数 S 与地层压力系数 p 的定量交会分析图。图 2 至图 7 为影响该区页岩油藏发育的主要地质参数,这些地质参数与已知的油气富集指数分别呈线性或非线性的关系。图 8 是在实际井区应用非线性回归公式计算油气富集指数 S 后的相对误差分布图,图 9 是非线性回归公式计算的油气富集指数 S 与实际井的日产油量的交会图。图 8 和图 9 是将多维地质参数非线性回归公式应用于 L19、L20、L42、L67 和 XYS9 等 5 个井区后的实际效果分析。图 8 的相对误差分布图表明,非线性回归公式计算的油气富集指数相对误差在 20% 以下,精度较高;同时,图 9 中多因素非线性回归公式计算的油气富集指数 S 的平面分布图与实际的钻探情况较为吻合,在工区的西北部油气富集指数 S 较大,见油气显示的页岩井位多分布于此。由此说明,该方法的实际应用效果较好,实现了页岩油藏的多维地质参数定量表征,可以应用于页岩油藏富集区的定量评价。

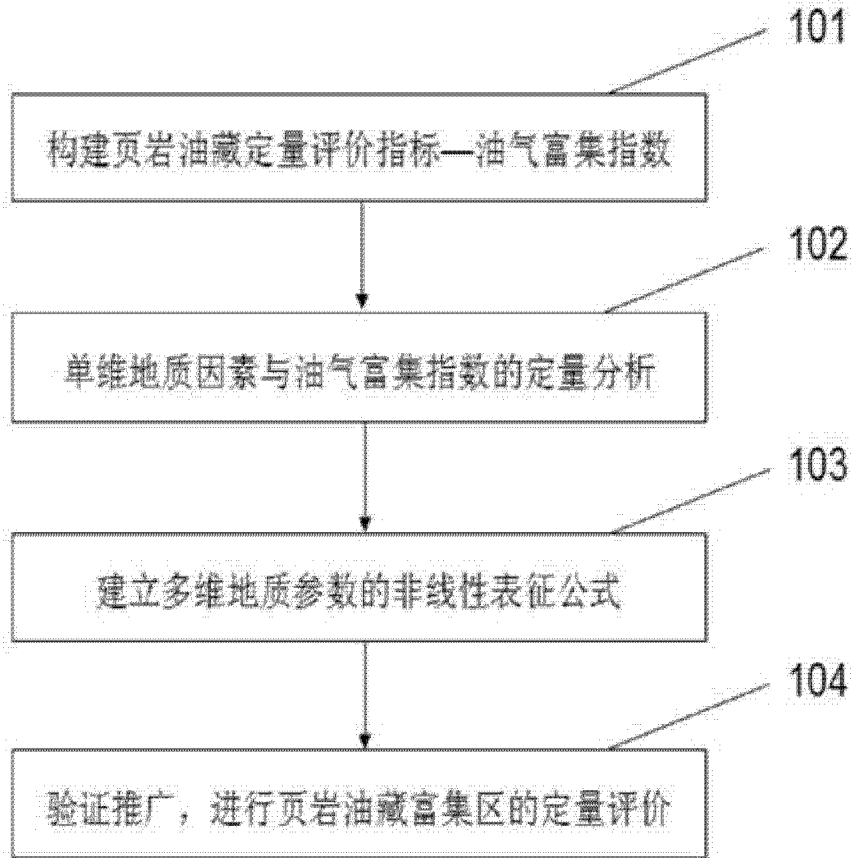


图 1

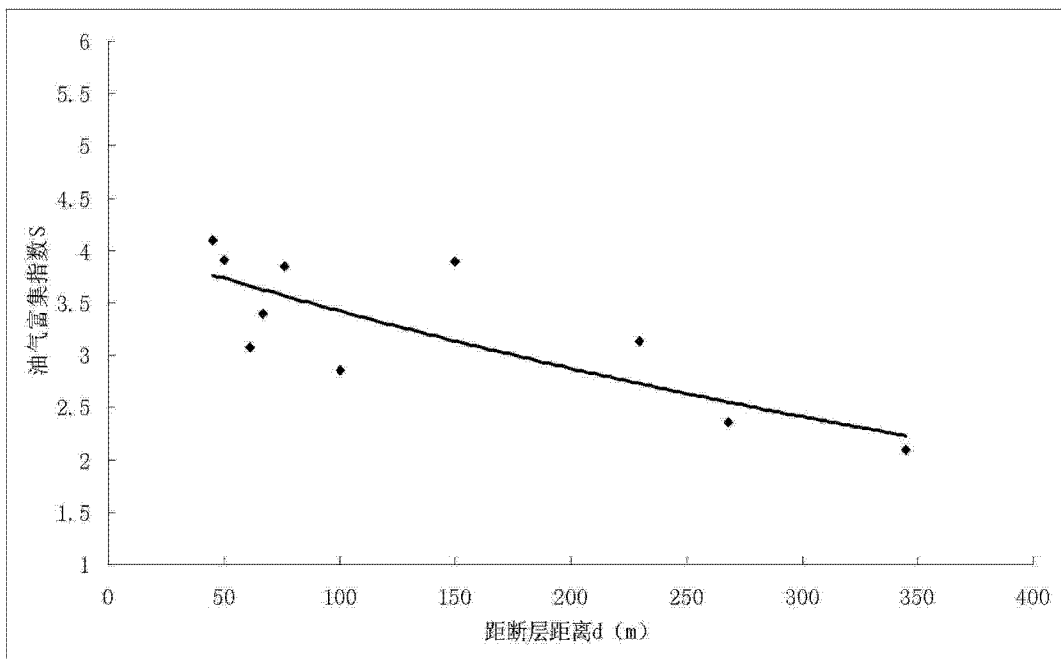


图 2

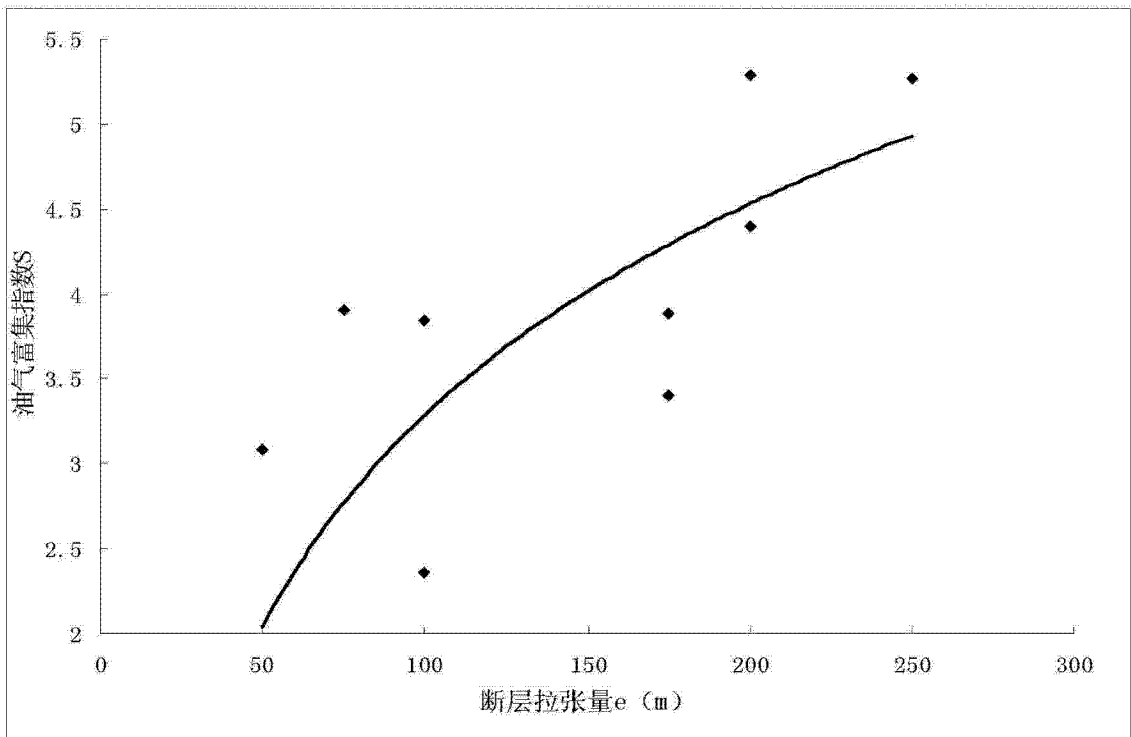


图 3

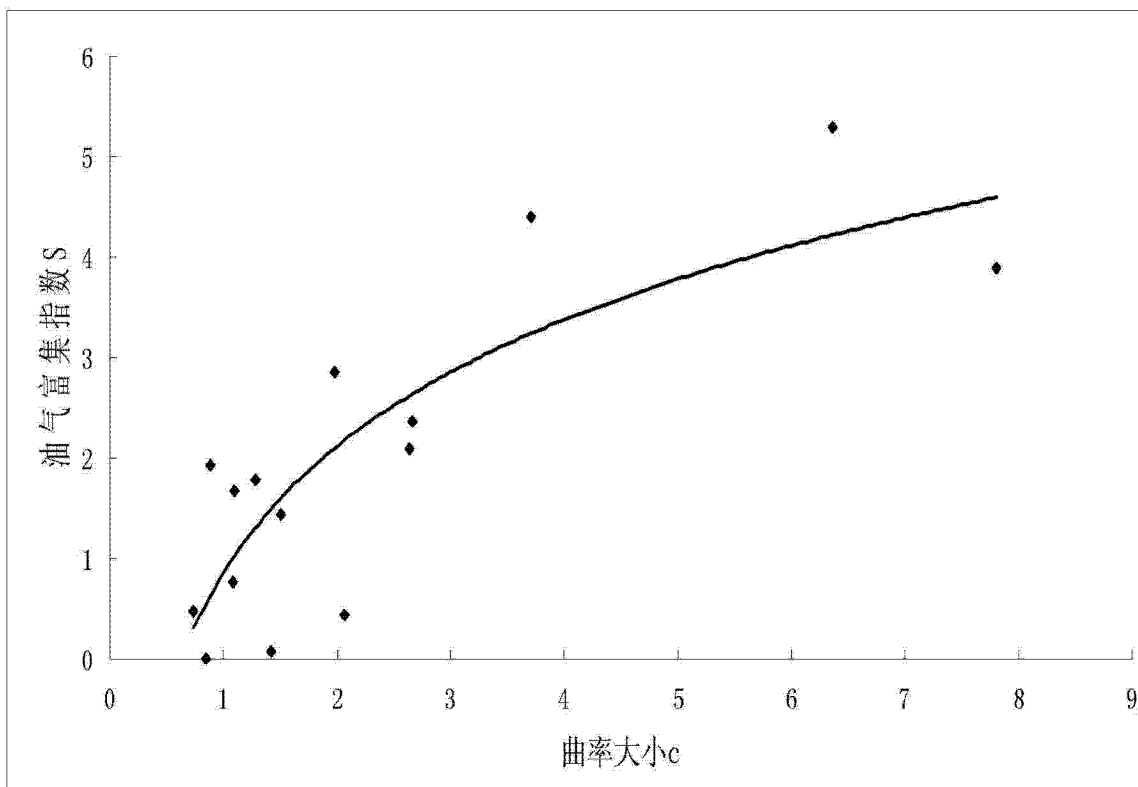


图 4

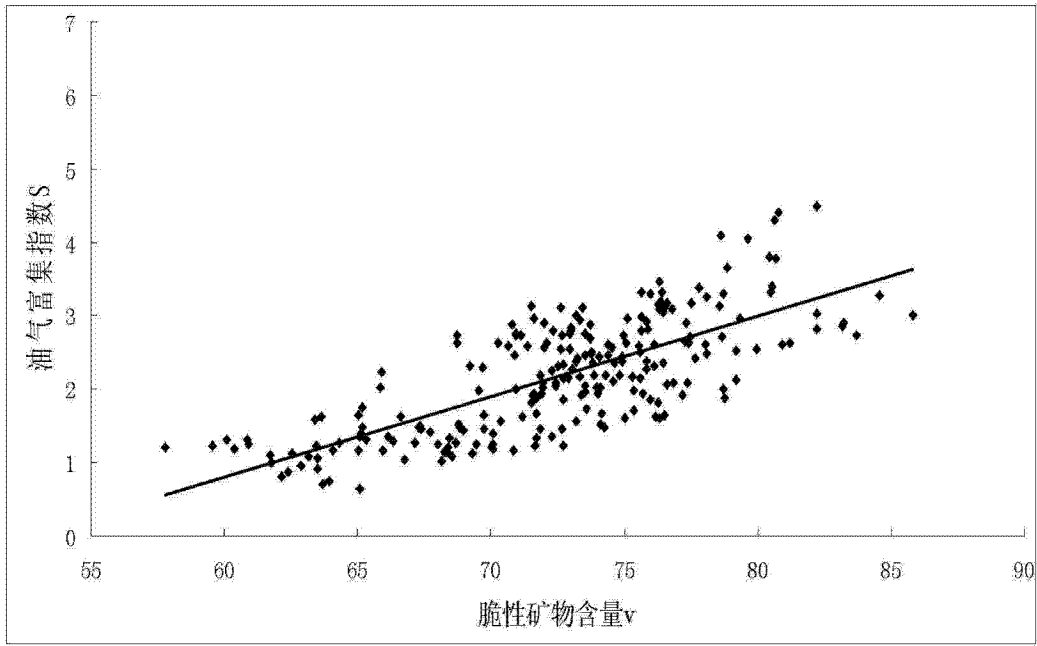


图 5

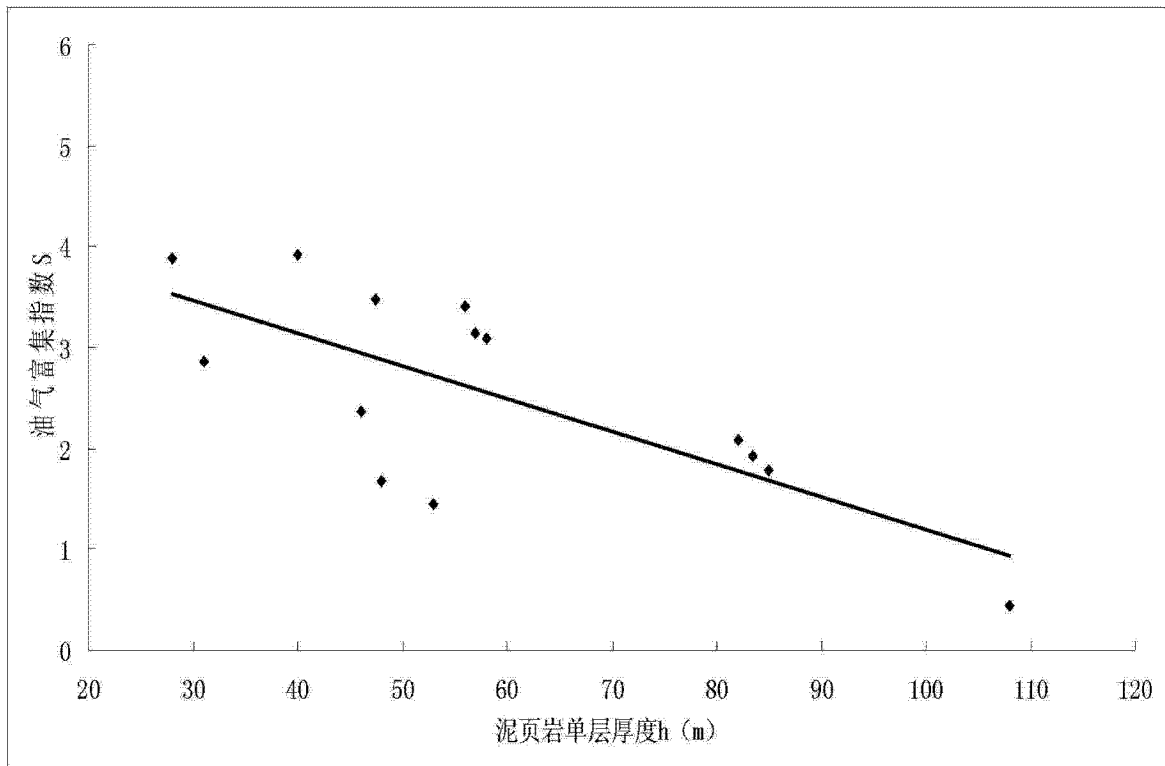


图 6

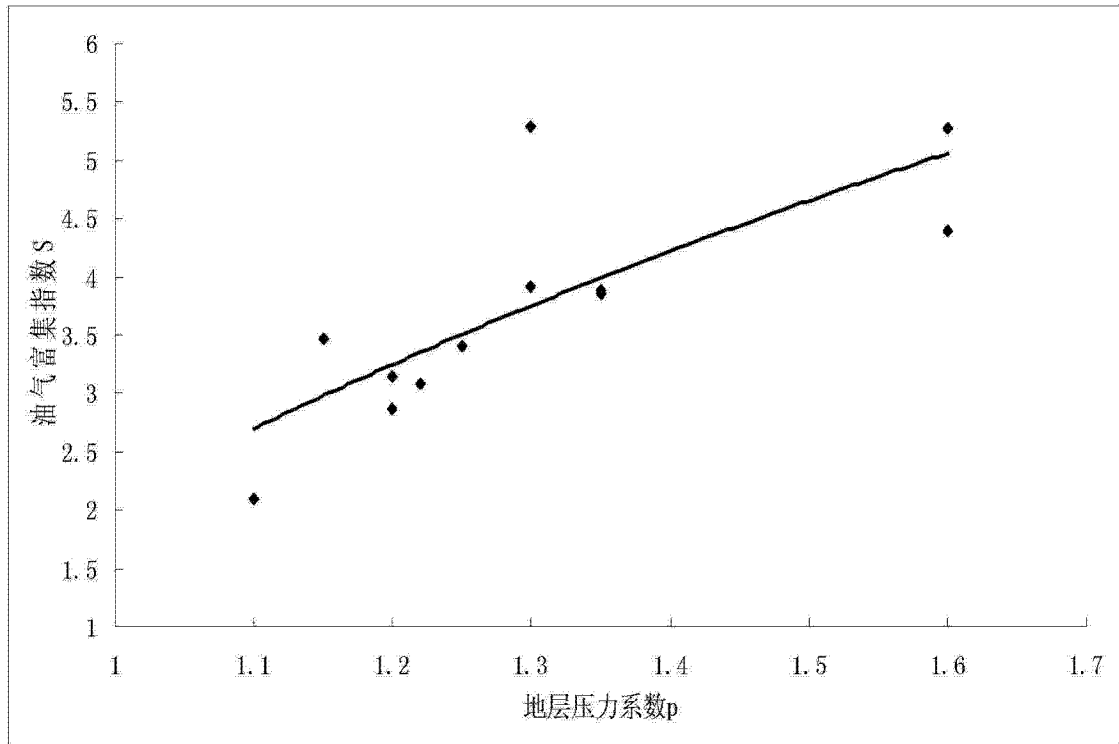


图 7

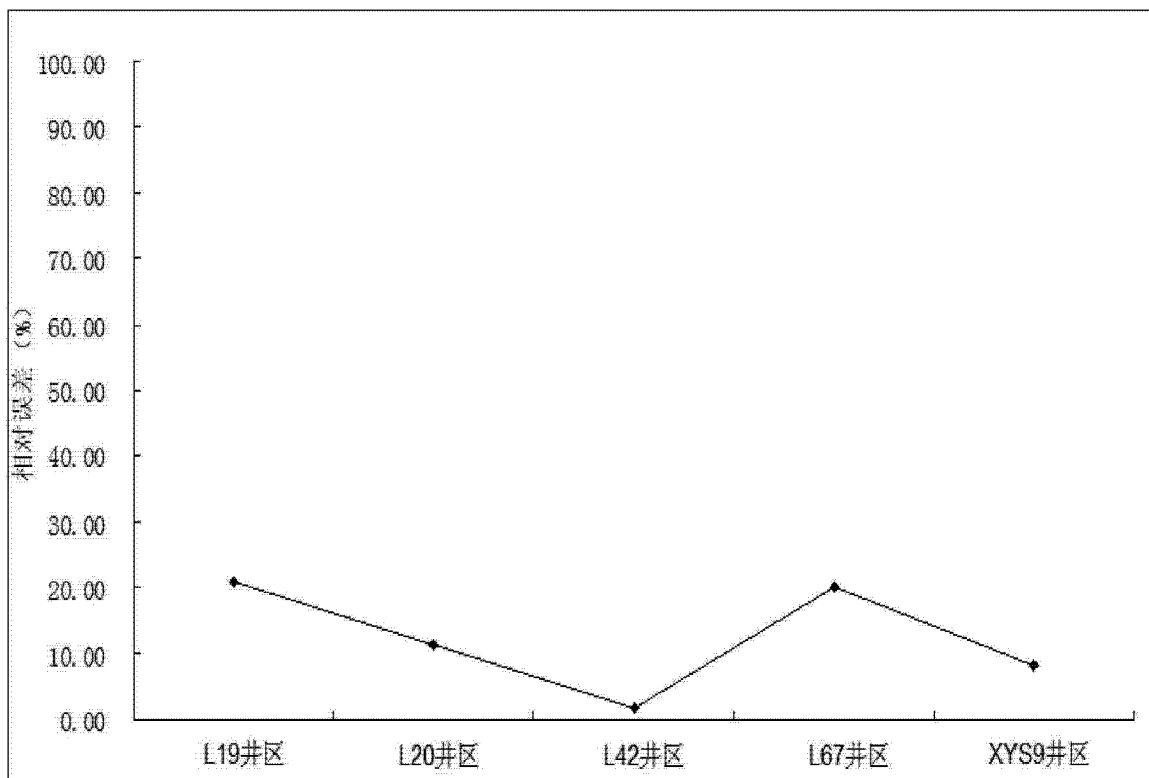


图 8

