



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105825055 A

(43)申请公布日 2016.08.03

(21)申请号 201610148393.X

(22)申请日 2016.03.16

(71)申请人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道8号

(72)发明人 赵军 武延亮 蒲万丽 戢宇强 范家宝

(51)Int.Cl.

G06F 19/00(2011.01)

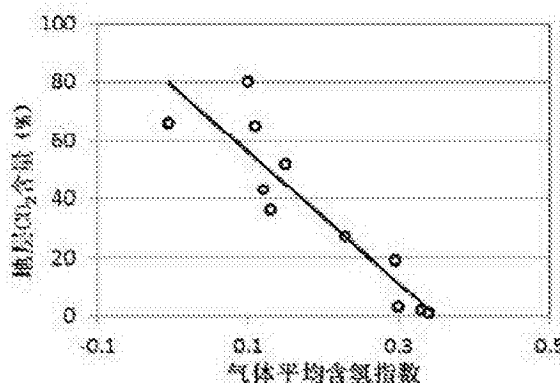
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种利用测井资料计算地层中CO₂相对含量的方法

(57)摘要

本发明涉及一种利用测井资料在地层中计算CO₂相对含量的方法,其方法包括以下步骤:1.地面与气藏条件下气体体积比例的转换,将地面测试得到的CO₂相对含量转换为地层条件下CO₂相对含量;2.气体平均含氢指数的确定,计算出孔隙中气体的平均含氢指数;3.测井计数率的含水影响校正:消除地层水对测井计数率的影响,突出测井计数率对CO₂和甲烷的响应差异;4.建立CO₂相对含量的定量计算模型,计算出地层条件下CO₂的相对含量。本发明通过建立测井计数率值、气体平均含氢指数与CO₂含量的计算模型,预测CO₂气体在地层中的相对含量,模型的精度较高,实用性较强,且有较好的推广应用价值。



1. 一种利用测井资料计算地层中CO₂相对含量的方法,其特征在于,直接利用测井资料,通过与测试数据建立相关关系,准确计算CO₂的相对含量,方法包括以下步骤:

①地面与气藏条件下气体体积比例的转换:对于两种以固定比例物质的量混合的气体,在不同的温压条件下,它们的体积比例会发生变化;地层测试中甲烷和CO₂比例是在地面条件下测得的,为将这一比例转换为地层条件下,需要分别计算得到甲烷及CO₂的偏差系数;具体步骤如下:

在标准状态条件下,对于物质的量为n的气体,由气体状态方程可得:

$$P_0V_0=nRT_0 \quad (1)$$

式中P₀—标准状态压力(0.1013MPa);

T₀—标准状态温度(273.15K);

V₀—标准状态下理想气体体积;

R—气体常数;

在温度为T,压力为P条件(非标准状态)下,有:

$$PV=nRTZ \quad (2)$$

式中V—该温压条件下气体的体积;

Z—该温压条件下气体的偏差系数;

联立以上(1)、(2)两式,得

$$Z(T, P) = \frac{PV}{P_0V_0} \cdot \frac{T_0}{T} = A \cdot \frac{T_0}{T} \quad (3)$$

式中A为阿马格数;

由于地面条件与标准条件接近,故将地面条件下CO₂和甲烷的偏差系数视为1;设地面条件下CO₂比例为x_s(0—1),则地层条件下CO₂比例x_f为:

$$x_f = \frac{Z_{CO_2} \cdot x_s}{Z_{CO_2} \cdot x_s + Z_{CH_4} \cdot (1 - x_s)} \quad (4)$$

式中Z_{CO₂}—地层条件下CO₂偏差系数;

Z_{CH₄}—地层条件下甲烷偏差系数;

已知地面条件下甲烷和CO₂比例,运用上式可分别求出地层条件下甲烷和CO₂比例,并运用这一比例建立CO₂相对含量预测模型;

②气体平均含氢指数的确定:运用体积模型,扣除泥质、骨架和地层水对测井值的贡献,并除以气体所占体积分数,得到孔隙中气体的平均含氢指数;计算式为:

$$\bar{H}_g = \frac{\phi_N - \phi_{Nsh} V_{sh} - 100 H_w \phi S_w}{100 \phi (1 - S_w)} \quad (5)$$

式中 \bar{H}_g —气体平均含氢指数;

ϕ_{Nsh} —纯泥岩处中子测井值(p.u.);

V_{sh}—泥质含量;

ϕ —孔隙度;

S_w—含水饱和度;

H_w—水的含氢指数;

③测井计数率的含水影响校正：测井的计数率值主要反映了地层孔隙中气体和地层水的含氢指数；由于甲烷的含氢指数介于地层水和CO₂之间，因此，束缚水饱和度较高的CO₂气层和束缚水饱和度较低的甲烷气层的计数率在数值上基本接近；为了消除这一不利因素，需对测井计数率进行地层水影响校正，其校正公式如下为：

$$N_c = \phi S_w N \quad (6)$$

式中： N_c —校正后的计数率；

N —测井计数率；

④建立CO₂相对含量的定量计算模型：考虑到校正后的测井计数率和气体平均含氢指数均对CO₂含量有较好的相关关系，故同时使用这两种参数建立气层中CO₂相对含量计算模型；拟合公式如下：

$$Y_{CO_2} = \frac{100}{1 + e^{2.77H_g N_c^2 - 0.88N_c^2 - 83.7H_g N_c + 25.4N_c + 622.4H_g - 183.2}} \quad (7)$$

运用建立的模型，就可以计算出地层条件下CO₂所占气体体积比例。

一种利用测井资料计算地层中CO₂相对含量的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用测井资料计算地层中CO₂相对含量的方法,利用地层中CO₂在测井曲线上的响应特征,建立测井计数率值、气体平均含氢指数与CO₂相对含量之间的定量关系,属于地球物理勘探领域。

背景技术

[0002] 对CO₂气藏的研究,不仅属于基础科学研究,而且属于应用科学研究,有很大经济效益。近年来,随着CO₂用途在工业、农业和国防等领域的提升,CO₂成为了一种用途广泛经济价值极高的气体资源,在我国已出现了前景极好的市场需求和开发前景。我国相继发现了一批高含CO₂气藏,大多数分布于东部大陆裂谷断陷盆地内,而西部各盆地很少见,使得对含CO₂气藏的研究成为了一个新的热点。

[0003] 通过总结归纳可得到CO₂的一些基本性质:在标准状态下,CO₂是无色无臭略有酸味的气体,比空气重,相对密度为1.52,不能燃烧。CO₂气体是一种容易被液化的真实气体,随着环境温度与压力的变化,其物理状态有气态、液态和固态三相。在常温下能压缩成液体,常压下能冷凝成固体—干冰,随着温度的升高,固态干冰又可升华成蒸汽。在高温高压条件下(温度超过150℃,压力约50MPa),CO₂处于超临界状态,是一种较为稠密的流体,其密度值和声波时差值与常温常压条件下存在一定差异。通过将CO₂溶入研究区地层水中,发现CO₂溶入对地层水电阻率的影响幅度很小,且随着温度增加,其影响幅度会越小(高温条件下最高不超过6%),即CO₂溶于水对地层水电阻率的影响并不大,故应用电阻率资料不能有效地识别与计算CO₂气体含量。

[0004] 考虑到CO₂与甲烷气在密度、声波速度和含氢指数等方面的差异,国内外学者主要使用了三孔隙度曲线对两者进行识别,而具体使用的模型因各自研究区块的具体特征不同而略有差异。在定性识别方面,刘中奇等使用密度、声波孔隙度差值、比值法对CO₂气层进行了定性识别罗智等认为对于CO₂气层,运用中子或密度曲线计算出来的孔隙度偏小,而用声波计算出来的孔隙度偏大,故作中子—密度孔隙度与声波孔隙度的交会图进行识别;孟祥水、郭栋等提出了一个核测井“孔隙度分辨率”的概念,以中子测井值和密度测井值为原始数据定性识别CO₂气层。在定量计算方面,依然是以运用三孔隙度测井资料为主,以体积物理模型或地区统计关系模型为手段计算气天然层中CO₂相对含量,其中吴洪深、何胜林等建立了双水多矿物地层组分物理分析模型以及带约束条件的测井超定线性方程组,运用线性最小二乘原理,将其转换为求解极值问题的数学目标函数进行求解,但利用体积物理模型定量计算实际天然气藏中CO₂相对含量时,岩石骨架及流体的取值仍存在很大的不确定性,严重影响CO₂含量的计算精度。

[0005] 随着大量CO₂天然气藏的勘探和开发,对天然气藏中计算CO₂相对含量的精确度要求将越来越高。尽管在CO₂气层定量计算方面虽然有学者在这方面做了一定的研究工作,并取得了一定的效果,但是对地层中CO₂相对含量的准确计算仍然缺乏有效的手段和方法。这将导致CO₂气层的测井评价水平不能满足现场生产的需要,进而对含CO₂天然气藏后期的评

价与开发造成不良影响。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了有效地克服地层物性、含水饱和度等因素对CO₂定量计算精度的影响:针对目前测井技术在评价CO₂气藏中不能精确预测CO₂含量的现状,提出一种利用测井资料计算地层中CO₂相对含量的方法。利用测井计数率值、气体平均含氢指数与CO₂相对含量的计算模型,实现对CO₂气藏中CO₂相对含量的准确计算,提高CO₂气藏的测井评价水平。达到准确计算地层中CO₂气体相对含量的目的。

[0007] 为实现上述目的,本发明的技术方案是:

[0008] 本发明一种利用测井资料计算地层中CO₂相对含量的方法,直接利用测井资料,通过与测试数据建立相关关系,准确计算CO₂的相对含量,该方法能有效地克服气层物性、含水饱和度等因素对计算结果的影响,提高了模型计算的精度。方法包括以下步骤:

[0009] 1.地面与气藏条件下气体体积比例的转换:对于两种以固定比例物质的量混合的气体,在不同的温压条件下,它们的体积比例会发生变化。地层测试中甲烷和CO₂比例是在地面条件下测得的,为将这一比例转换为地层条件下,需要分别计算得到甲烷及CO₂的偏差系数。具体步骤如下:

[0010] 在标准状态条件下,对于物质的量为n的气体,由气体状态方程可得:

$$[0011] \quad P_0V_0=nRT_0 \quad (1)$$

[0012] 式中P₀—标准状态压力(0.1013MPa);

[0013] T₀—标准状态温度(273.15K);

[0014] V₀—标准状态下理想气体体积;

[0015] R—气体常数。

[0016] 在温度为T,压力为P条件(非标准状态)下,有:

$$[0017] \quad PV=nRTZ \quad (2)$$

[0018] 式中V—该温压条件下气体的体积;

[0019] Z—该温压条件下气体的偏差系数。

[0020] 联立以上(1)、(2)两式,得

$$[0021] \quad Z(T,P)=\frac{PV}{P_0V_0} \cdot \frac{T_0}{T} = A \cdot \frac{T_0}{T} \quad (3)$$

[0022] 式中A为阿马格数;

[0023] 由于地面条件与标准条件接近,故将地面条件下CO₂和甲烷的偏差系数视为1。设地面条件下CO₂比例为x_s(0—1),则地层条件下CO₂比例x_f为:

$$[0024] \quad x_f = \frac{Z_{CO_2} \cdot x_s}{Z_{CO_2} \cdot x_s + Z_{CH_4} \cdot (1-x_s)} \quad (4)$$

[0025] 式中Z_{CO₂}—地层条件下CO₂偏差系数;

[0026] Z_{CH₄}—地层条件下甲烷偏差系数。

[0027] 已知地面条件下甲烷和CO₂比例,运用上式可分别求出地层条件下甲烷和CO₂比例,并运用这一比例建立CO₂相对含量预测模型。

[0028] 2.气体平均含氢指数的确定:运用体积模型,扣除泥质、骨架和地层水对测井值的

贡献,并除以气体所占体积分数,得到孔隙中气体的平均含氢指数。计算式为:

$$[0029] \quad \bar{H}_g = \frac{\phi_N - \phi_{Nsh} V_{sh} - 100 H_w \phi S_w}{100 \phi (1 - S_w)} \quad (5)$$

[0030] 式中 \bar{H}_g —气体平均含氢指数;

[0031] ϕ_{Nsh} —纯泥岩处中子测井值(p.u.)

[0032] V_{sh} —泥质含量;

[0033] ϕ —孔隙度;

[0034] S_w —含水饱和度;

[0035] H_w —水的含氢指数;

[0036] 3. 测井计数率的含水影响校正:测井的计数率值主要反映了地层孔隙中气体和地层水的含氢指数。由于甲烷的含氢指数介于地层水和 CO_2 之间,因此,束缚水饱和度较高的 CO_2 气层和束缚水饱和度较低的甲烷气层的计数率在数值上基本接近。为了消除这一不利因素,需对测井计数率进行地层水影响校正,其校正公式如下为:

$$[0037] \quad N_c = \phi S_w N \quad (6)$$

[0038] 式中: N_c —校正后的计数率;

[0039] N —测井计数率。

[0040] 4. 建立 CO_2 相对含量的定量计算模型:考虑到校正后的测井计数率和气体平均含氢指数均对 CO_2 含量有较好的相关关系,故同时使用这两种参数建立气层中 CO_2 相对含量计算模型。拟合公式如下:

$$[0041] \quad Y_{CO_2} = \frac{100}{1 + e^{2.77 H_g N_c^2 - 0.88 N_c^2 - 83.7 H_g N_c + 25.4 N_c + 622.4 H_g - 183.2}} \quad (7)$$

[0042] 运用建立的模型,就可以计算出地层条件下 CO_2 所占气体体积比例。

[0043] 本发明的优点:1、本方法所利用的数据完全来自于现场,资料的获取方便,容易;2、利用测井计数率值和气体平均含氢指数建立计算 CO_2 相对含量的定量模型,既有一定的理论依据,又有实际资料得出的统计规律,从而提高了计算的精度;3、该方法操作简单,实用性较强,且有较好的推广应用价值。4、能有效地克服气层物性、含水饱和度等因素对计算结果的影响,提高了模型计算的精度。5、通过建立测井计数率值、气体平均含氢指数与 CO_2 含量的计算模型,预测 CO_2 气体在地层中的相对含量,模型的精度较高。

附图说明

[0044] 图1是本发明一种利用测井资料计算地层中 CO_2 相对含量的方法的 CO_2 相对含量与平均含氢指数关系图;

[0045] 图2是本发明的 CO_2 相对含量与测井计数率关系图;

[0046] 图3是本发明的计数率校正因子与地层 CO_2 相对含量关系图;

[0047] 图4是本发明的地层测试 CO_2 相对含量与计算 CO_2 相对含量对比图。

具体实施方式

[0048] 结合附图对本发明的方法进一步说明:

[0049] 如图1、图2、图3、图4所示,本发明一种利用测井资料计算地层中 CO_2 相对含量的方

法,其方法具体实施包括以下步骤:

[0050] 1.地面与气藏条件下气体体积比例的转换:测试中地层甲烷和CO₂比例是在地面条件下测得的,为将这一比例转换为地层条件下,需要分别计算得到甲烷及CO₂的偏差系数。由于地面条件与标准条件接近,故将地面条件下CO₂和甲烷的偏差系数视为1。已知地面条件下CO₂比例,运用式4可求出地层条件下CO₂比例,并运用这一比例建立CO₂相对含量预测模型。

[0051] 2.气体平均含氢指数的确定:运用体积物理模型,扣除泥质、骨架和地层水对测井值的贡献,并除以气体所占体积分数,利用式(5)得到孔隙中气体的平均含氢指数。如图1所示,地层测试CO₂相对含量与气体平均含氢指数存在较好的相关关系。

[0052] 3.测井计数率的含水影响校正:为了消除束缚水饱和度较高的CO₂气层和束缚水饱和度较低的甲烷气层在计数率数值上不易区分这一不利因素,需用式(6)对测井计数率进行含水影响校正。对比图3、图4可知,校正后计数率与地层CO₂相对含量的关系得到了明显的改善。

[0053] 4.建立CO₂相对含量的定量计算模型:为了提高CO₂含量定量计算的精度,利用校正后的计数率和气体平均含氢指数对CO₂相对含量进行回归建模,得到拟合式(7)。图4为实际的地层测试CO₂相对含量与公式(7)计算的CO₂相对含量散点图,数据点基本上沿45°线分布,平均绝对误差为1.9%,未出现绝对误差超过10%的点。通过检验表明,计算结果与实际测试结果较为吻合,说明模型的计算精度较高,有较好的实际应用价值。

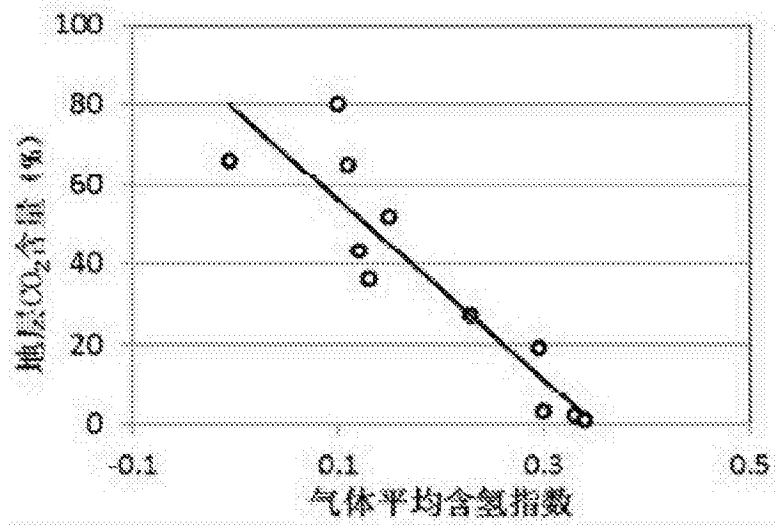


图1

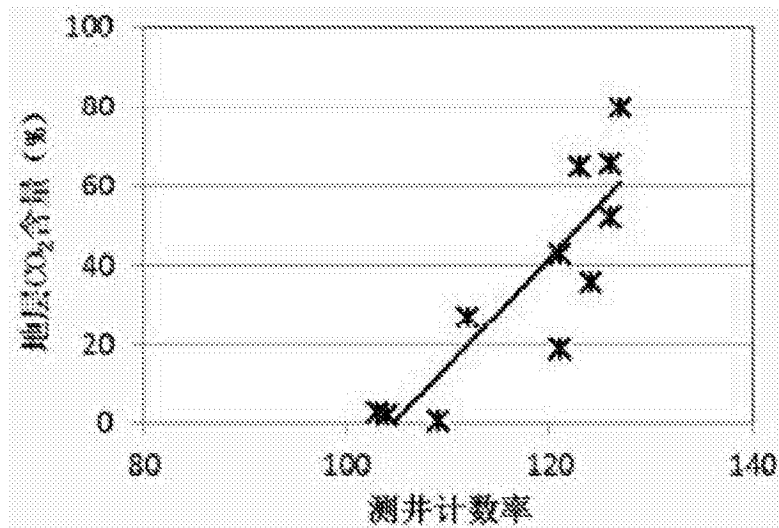


图2

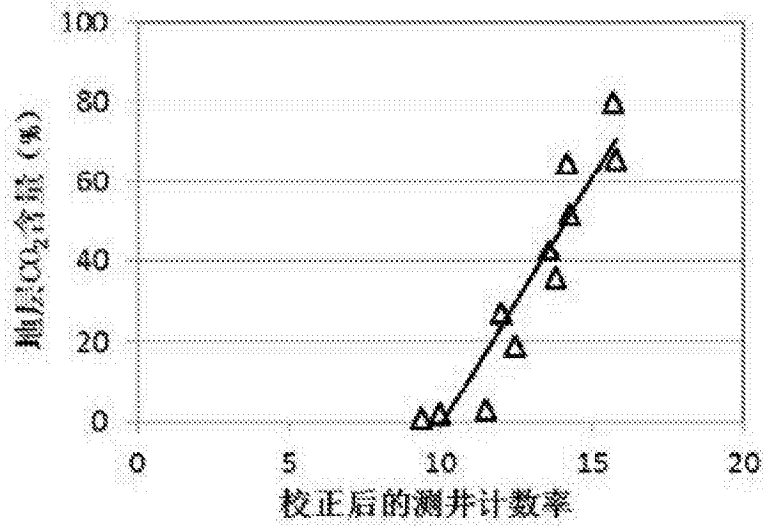


图3

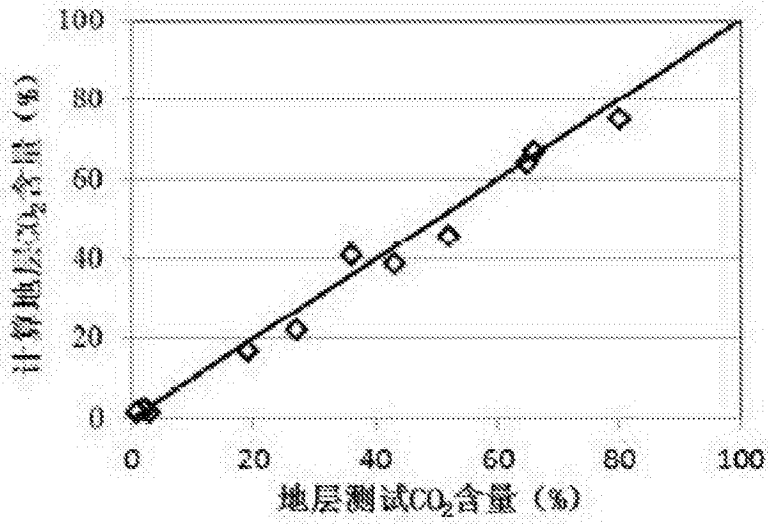


图4