



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111339481 B

(45) 授权公告日 2023.07.07

(21) 申请号 202010151725.6

E21B 47/08 (2012.01)

(22) 申请日 2020.03.06

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108166963 A, 2018.06.15

申请公布号 CN 111339481 A

CN 108468540 A, 2018.08.31

CN 109281663 A, 2019.01.29

(43) 申请公布日 2020.06.26

WO 2014182739 A2, 2014.11.13

(73) 专利权人 中石油煤层气有限责任公司

US 2017081957 A1, 2017.03.23

地址 100028 北京市西城区六铺炕街6号1
号楼417室

刘文超等. 评价煤层吸附气解吸能力的生产
数据系统分析新方法.《煤炭学报》.2017, (第12
期),

专利权人 中联煤层气国家工程研究中心有
限责任公司

李树松等. 反褶积试井技术在计算低渗储层
渗透率中的应用.《广东石油化工学院学报》
.2016, (第06期),

中国科学院力学研究所

(72) 发明人 聂志宏 刘莹 李永洲 邓钧耀

武男 黄红星 刘曰武 高大鹏

闫霞, 等. “煤层气井井间干扰研究及应用”.
《岩性油气藏》.2015, (续)

(74) 专利代理机构 北京市隆安律师事务所

审查员 李浩

11323

专利代理师 权鲜枝 杨博涛

(51) Int. Cl.

G06F 17/11 (2006.01)

G06F 17/18 (2006.01)

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

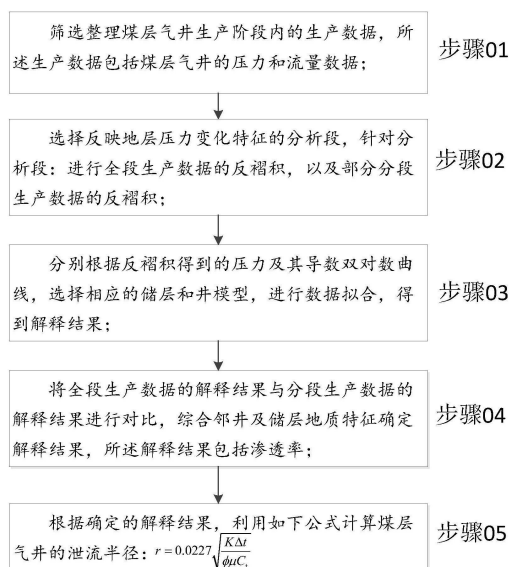
(54) 发明名称

一种煤层气井的试井分析方法

定奠定基础。

(57) 摘要

本发明公开了一种煤层气井的试井分析方法,包括:首先,筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,生产数据包括煤层气井的压力和流量数据;其次,选择反映地层压力变化特征的分析段,针对分析段:进行全段生产数据的反褶积,以及部分分段生产数据的反褶积;再次,分别根据反褶积得到的压力及其导数双对数曲线,选择相应的储层和井模型,进行数据拟合,得到解释结果;从次,将全段生产数据的解释结果与分段生产数据的解释结果进行对比,综合邻井及储层地质特征确定解释结果;最后,根据确定的解释结果,利用公式计算煤层气井的泄流半径。本发明的试井方法可用于渗透率、初始地层压力等参数的获取,为后期压降特征分析以及排采界限的确



CN 111339481 B

[接上页]

(56) 对比文件

Hongyu Guo,等.“Relationship between Coal Reservoir Permeability and Fractal

Dimension and Its Significance”.《2010 International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application》.2011,

1. 一种煤层气井的试井分析方法,其特征在于,该方法包括:

筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,所述生产数据包括煤层气井的压力和流量数据;

选择反映地层压力变化特征的分析段,针对分析段:进行全段生产数据的反褶积,以及部分分段生产数据的反褶积;

分别根据反褶积得到的压力及其导数双对数曲线,选择相应的储层和井模型,进行数据拟合,得到解释结果;

将全段生产数据的解释结果与分段生产数据的解释结果进行对比,综合邻井及储层地质特征确定解释结果,所述解释结果包括渗透率;

根据确定的解释结果,利用如下公式计算煤层气井的泄流半径:

$$r = 0.0227 \sqrt{\frac{K \Delta t}{\phi \mu C_t}},$$

式中: r 为泄流半径,单位m; K 为渗透率,单位mD; Δt 为排采阶段持续的时间,单位hr; C_t 为综合压缩系数,单位 MPa^{-1} ; ϕ 为孔隙度,无量纲; μ 为流体平均粘度,单位 $\text{mPa} \cdot \text{s}$;

对生产数据进行反褶积,包括:

将压力变化史视为褶积,则流量变化史构成此褶积的一个函数,通过反褶积得到构成此褶积的另外一个函数 $\Delta p'_u$,得到第一褶积方程如下:

$$p(t) = p_i - \int_0^t q(\tau) \Delta p'_u(t-\tau) d\tau,$$

式中: p 为压力,单位MPa; t 为时间,单位hr; q 为流量,单位 m^3/d ; τ 为积分因子; u 为褶积压力标记;

引入Z函数,将第一褶积方程转换为第二褶积方程:

$$p_m(t) = p_0 - \int_{-\infty}^{\ln t} q_m(t - e^\tau) e^{Z(\tau)} d\tau,$$

式中, m 为监测数据标记; Z 函数为:

$$Z(\tau) = \ln \left[\frac{dp_u(t)}{d \ln(t)} \right] = \ln \left[\frac{dp_u(\tau)}{d\tau} \right];$$

针对第二褶积方程,假设井筒储存现象出现在第一个计算节点之前,并且第一个节点对应的时间 T_1 足够小,足可以将 T_1 设为小于或等于最小压力信号的经过时间,则第二反褶积方程转换为第三褶积方程:

$$p_m(t) = p_0 - q_m(t) p_u(t_1) - \int_{\tau_1}^{\ln t} q_m(t - e^\tau) e^{Z(\tau)} d\tau,$$

采用非线性的加权最小二乘法目标函数 E 求解,需要拟合的项包括:压力、流量和曲率,得到如下公式:

$$E(p_0, p_u(t_1), z, y) = \frac{1}{2} \left\| \frac{p_0 e - p_m - p_u(t_1) \tilde{y} - \tilde{C}(z) y}{\zeta_p} \right\|_2^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{y - q_m}{\zeta_q} \right\|_2^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{D_z}{\zeta_c} \right\|_2^2,$$

式中: y 是预测流量, m^3/d ; e 为 M 维单位向量; \tilde{C} 是 $M \times N$ 维的压力系数矩阵,通过阶段恒定

流量函数 $q_m(t)$ 推演而得; \tilde{y} 是预测流量的M维列向量, P_m 为每个流量 y 对应的压力; D 为曲率矩阵; ζ_p 、 ζ_q 、 ζ_c 是压力、流量、曲率参数的误差范围;

求解最小二乘法目标函数 E 时,针对最右侧项选用的曲率约束预测模型如下:

$$\Omega_{ci}(z) = \frac{1}{\Delta\tau} (z_{j-1} - 2z_j + z_{j+1});$$

若假设褶积函数中 $q_m(t-e^\tau) = 1m^3/d$,则得到如下第四褶积方程:

$$p_u(t) = p_u(t_1) + \int_{\tau_1}^{\ln t} e^{Z(\tau)} d\tau,$$

将 Z 函数分段线性表达,则得到第四褶积方程的离散格式:

$$p_u(t_j) = p_u(t_1) + \sum_{j=2}^i \frac{(e^{\bar{z}_j} - e^{\bar{z}_{j-1}})}{(z_j - z_{j-1})} \ln \left(\frac{t_j}{t_{j-1}} \right),$$

采用该离散格式直接求解褶积函数。

2. 根据权利要求1所述的煤层气井的试井分析方法,其特征在于,所述综合压缩系数按照如下公式计算:

$$C_t = (S_g C_g + S_w C_w) \phi + C_f,$$

式中, S_g 、 S_w 分别为含气饱和度、含水饱和度,无量纲; C_g 、 C_w 分别为气相、水相的压缩系数,单位 MPa^{-1} ; C_f 为基质压缩系数,单位 MPa^{-1} 。

3. 根据权利要求1所述的煤层气井的试井分析方法,其特征在于,所述筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,包括:

整理分析煤层气井生产阶段内反褶积所需的压力和流量数据,并剔除不合实际的异常数据。

4. 根据权利要求1所述的煤层气井的试井分析方法,其特征在于,针对分析段,进行部分分段生产数据的反褶积,包括:

在分析段,根据生产制度划分多个不同的压力阶段,选择其中的一个或多个压力阶段,进行生产数据的反褶积。

5. 根据权利要求4所述的煤层气井的试井分析方法,其特征在于,所述压力阶段,包括压降段和压恢段。

一种煤层气井的试井分析方法

技术领域

[0001] 本发明涉及气藏工程技术领域,特别涉及一种煤层气井的试井分析方法。

背景技术

[0002] 煤层气主要以吸附态赋存于煤层中,煤层气藏的开发与常规气藏有很大差异,排水-降压-解吸是煤层气开采的主要方式。在煤层气井的排采过程中,随着井筒内液面的不断降低,井底压力不断下降,压差作用下煤层中的水不断从煤层中渗流出来,导致煤层中的压力由近井至远井也在不断降低,压降漏斗范围不断向外扩张,泄流半径逐渐增大,进而决定了煤层气的生产效果。据国内外煤层气排采实践及研究表明,扩大泄流半径、增大解吸范围是煤层气开发的关键。

[0003] 现有对煤层气井的压降漏斗和泄流半径及排采特征的研究主要集中在利用统计分析生产数据、室内实验及数值模拟方法,定性的分析产能控制因素及降压控产策略方面,没有考虑不同煤储层排采过程中泄流半径和压降漏斗的动态变化,也缺乏对生产数据反应的信息进行充分挖掘及解释。

发明内容

[0004] 鉴于上述问题,本发明提出了一种煤层气井的试井分析方法,以便解决或者至少部分解决上述问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 本发明公开一种煤层气井的试井分析方法,该方法包括:

[0007] 筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,所述生产数据包括煤层气井的压力和流量数据;

[0008] 选择反映地层压力变化特征的分析段,针对分析段:进行全段生产数据的反褶积,以及部分分段生产数据的反褶积;

[0009] 分别根据反褶积得到的压力及其导数双对数曲线,选择相应的储层和井模型,进行数据拟合,得到解释结果;

[0010] 将全段生产数据的解释结果与分段生产数据的解释结果进行对比,综合邻井及储层地质特征确定解释结果,所述解释结果包括渗透率;

[0011] 根据确定的解释结果,利用如下公式计算煤层气井的泄流半径:

$$[0012] \quad r = 0.0227 \sqrt{\frac{K \Delta t}{\phi \mu C_t}},$$

[0013] 式中:r为泄流半径,单位m;K为渗透率,单位mD; Δt 为排采阶段持续的时间,单位hr; C_t 为综合压缩系数,单位 MPa^{-1} ; ϕ 为孔隙度,无量纲; μ 为流体平均粘度,单位 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ 。

[0014] 进一步地,所述综合压缩系数按照如下公式计算:

$$[0015] \quad C_t = (S_g C_g + S_w C_w) \phi + C_f,$$

[0016] 式中, S_g 、 S_w 分别为含气饱和度、含水饱和度,无量纲; C_g 、 C_w 分别为气相、水相的压

缩系数,单位 MPa^{-1} ; C_f 为基质压缩系数,单位 MPa^{-1} 。

[0017] 进一步地,所述筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,包括:

[0018] 整理分析煤层气井生产阶段内反褶积所需的压力和流量数据,并剔除不合实际的异常数据。

[0019] 进一步地,针对分析段,进行部分分段生产数据的反褶积,包括:

[0020] 在分析段,根据生产制度划分多个不同的压力阶段,选择其中的一个或多个压力阶段,进行生产数据的反褶积。

[0021] 进一步地,所述压力阶段,包括压降段和压恢段。

[0022] 进一步地,对生产数据进行反褶积,包括:

[0023] 将压力变化史视为褶积,则流量变化史构成此褶积的一个函数,通过反褶积得到构成此褶积的另外一个函数 $\Delta p'_u$,得到第一褶积方程如下:

$$[0024] \quad p(t) = p_i - \int_0^t q(\tau) \Delta p'_u(t-\tau) d\tau$$

[0025] 式中: p 为压力,单位 MPa ; t 为时间,单位 hr ; q 为流量,单位 m^3/d ; τ 为积分因子; u 为褶积压力标记;

[0026] 引入 Z 函数,将第一褶积方程转换为第二褶积方程:

$$[0027] \quad p_m(t) = p_0 - \int_{-\infty}^{\ln t} q_m(t - e^\tau) e^{Z(\tau)} d\tau,$$

[0028] 式中, m 为监测数据标记; Z 函数为:

$$[0029] \quad Z(\tau) = \ln \left[\frac{dp_u(t)}{d \ln(t)} \right] = \ln \left[\frac{dp_u(\tau)}{d\tau} \right];$$

[0030] 针对第二褶积方程,假设井筒储存现象出现在第一个计算节点之前,并且第一个节点对应的时间 T_1 足够小,足可以将 T_1 设为小于或等于最小压力信号的经过时间,则第二反褶积方程转换为第三褶积方程:

$$[0031] \quad p_m(t) = p_0 - q_m(t) p_u(t_1) - \int_{\tau_1}^{\ln t} q_m(t - e^\tau) e^{Z(\tau)} d\tau,$$

[0032] 采用非线性的加权最小二乘法目标函数 E 求解,需要拟合的项包括:压力、流量和曲率,得到如下公式:

$$[0033] \quad E(p_0, p_u(t_1), z, y) = \frac{1}{2} \left\| \frac{p_0 e - p_m - p_u(t_1) \tilde{y} - \tilde{C}(z) y}{\zeta_p} \right\|_2^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{y - q_m}{\zeta_q} \right\|_2^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{D_z}{\zeta_c} \right\|_2^2,$$

[0034] 式中: y 是预测流量,单位 m^3/d ; e 为 M 维单位向量; \tilde{C} 是 $M \times N$ 维的压力系数矩阵,通过阶段恒定流量函数 $q_m(t)$ 推演而得; \tilde{y} 是预测流量的 M 维列向量, p_m 为每个流量 y 对应的压力; D 为曲率矩阵; ζ_p 、 ζ_q 、 ζ_c 是压力、流量、曲率参数的误差范围。

[0035] 进一步地,求解最小二乘法目标函数 E 时,针对最右侧项选用的曲率约束预测模型如下:

$$[0036] \quad \Omega_{ci}(z) = \frac{1}{\Delta \tau} (z_{j-1} - 2z_j + z_{j+1}).$$

[0037] 进一步地,若假设褶积函数中 $q_m(t-e^{-\tau})=1m^3/d$,则得到如下第四褶积方程:

$$[0038] \quad p_u(t) = p_u(t_1) + \int_{\tau_1}^{\ln t} e^{z(\tau)} d\tau,$$

[0039] 将Z函数分段线性表达,则得到第四褶积方程的离散格式:

$$[0040] \quad p_u(t_j) = p_u(t_1) + \sum_{j=2}^i \left(\frac{e^{z_j} - e^{z_{j-1}}}{z_j - z_{j-1}} \right) \ln \left(\frac{t_j}{t_{j-1}} \right),$$

[0041] 采用该离散格式直接求解褶积函数。

[0042] 综上所述,本发明的有益效果是:

[0043] 本发明中的煤层气井的试井分析方法在避免频繁开关井对储层的破坏的前提下,可以获取煤层气井渗透率、泄流半径等参数,节约常规试井的测试成本;通过本发明中方法解释得到的数据和真实数据之间误差小。

附图说明

[0044] 图1为本发明一个实施例中一种煤层气井的试井分析方法的流程图;

[0045] 图2为本发明一个实施例中H3-1井压降测试分析双对数曲线图;

[0046] 图3为本发明一个实施例中H3-1井反褶积分析双对数曲线图;

[0047] 图4为本发明一个实施例中H3-2井压恢测试分析双对数曲线图;

[0048] 图5为本发明一个实施例中H3-2井反褶积分析双对数曲线图。

具体实施方式

[0049] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0050] 在本申请的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本申请和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本申请的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0051] 在本申请的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本申请中的具体含义。

[0052] 本发明一个实施例公开了一种煤层气井的试井分析方法,如图1所示,该方法包括:

[0053] 步骤01:筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,生产数据包括煤层气井的压力和流量数据;剔除不合实际的异常值点。

[0054] 步骤02:选择反映地层压力变化特征的分析段,针对分析段:进行全段生产数据的反褶积,以及部分分段生产数据的反褶积。具体地,根据煤层气藏工程经验选择能够反映地

层压力真实变化特征的分析段,将整理后的全部生产阶段数据进行反褶积,并结合开关井生产制度将分析段划分成不同的压力阶段,然后选择其中的一段或者几段进行反褶积。

[0055] 步骤03:分别根据反褶积得到的压力及其导数双对数曲线,选择相应的储层和井模型,进行数据拟合,得到解释结果。

[0056] 步骤04:将全段生产数据的解释结果与分段生产数据的解释结果进行对比,综合邻井及储层地质特征确定解释结果,解释结果包括渗透率。

[0057] 步骤05:根据确定的解释结果,利用如下公式计算煤层气井的泄流半径:

$$[0058] \quad r = 0.0227 \sqrt{\frac{K \Delta t}{\phi \mu C_t}},$$

[0059] 式中: r 为泄流半径,单位m; K 为渗透率,单位mD; Δt 为排采阶段持续的时间,单位hr; C_t 为综合压缩系数,单位 MPa^{-1} ; ϕ 为孔隙度,无量纲; μ 为流体平均粘度,单位 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ 。

[0060] 上述计算泄流半径公式中考虑了动边界的影响,与具有解吸附特征的煤层气生产过程比较相符。本发明的实施例提出了改进的煤层气井反褶积试井分析方法,用于解释各排采阶段的渗透率,结合各阶段的持续时间、综合压缩系数等参数计算泄流半径。通过反褶积方法可由实测资料构造出理想的、等效的、对应于相同时间段内以恒定产量生产条件下的压力变化,由此得到测试全部历程的压力响应,其探测范围要比常规变流量试井测试大得多,也不存在产量史的不完整而造成的误差。

[0061] 在一个实施例中,综合压缩系数按照如下公式计算:

$$[0062] \quad C_t = (S_g C_g + S_w C_w) \phi + C_f,$$

[0063] 式中, S_g 、 S_w 分别为含气饱和度、含水饱和度,无量纲; C_g 、 C_w 分别为气相、水相的压缩系数,单位 MPa^{-1} ; C_f 为基质压缩系数,单位 MPa^{-1} 。

[0064] 在一个实施例中,筛选整理煤层气井生产阶段内的生产数据,包括:

[0065] 整理分析煤层气井生产阶段内反褶积所需的压力和流量数据,并剔除不合实际的异常数据。

[0066] 在一个实施例中,针对分析段,进行部分分段生产数据的反褶积,包括:

[0067] 在分析段,根据生产制度划分多个不同的压力阶段,选择其中的一个或多个压力阶段,进行生产数据的反褶积。

[0068] 在一个实施例中,根据生产制度划分的多个不同压力阶段,包括压降段和压恢段。

[0069] 在一个实施例中,在煤层气井不同井排阶段的反褶积试井方法不同,当排水降压阶段时,由于煤储层未降至临界解吸压力,因此只需考虑水的单相流动,此时煤层气井反褶积试井方法与常规油藏试井方法相同;当煤层气井排采进入气水同产的阶段时,由于上述两相渗流模型无法满足杜哈美原理对于线性系统的要求,需要将井口的气产量根据体积系数折算为地下采出量,仍简化为储层内水的单相流动,但在渗流方程中需要考虑稳定和不稳定解吸气量的影响,在该修正的线性系统下反褶积方法并未改变,只是在反褶积得到的压力及其导数双对数曲线中会表现出类似定压边界的特征,需要选择合适的模型进行拟合解释;当煤储层进入单相气体流动阶段,反褶积方法中的压力函数则变为气体的势函数,在该修正的线性系统下反褶积方法也并未改变。本申请实施例中,煤层气井反褶积处理中所采用的方法如下:

[0070] 不同排采阶段煤层气井周围地层内流体渗流状态不同,排水降压阶段是水的单相流动,产气上升阶段出现气水两相流,反褶积时仍假设为单相水流动,然后将解释的水相渗透率根据地层平均含水饱和度近似折算为综合渗透率,进入稳定产气阶段后则可视作气体单相流动。对生产数据进行反褶积,包括:

[0071] 将压力变化史视为褶积,则流量变化史构成此褶积的一个函数,通过反褶积得到构成此褶积的另外一个函数 $\Delta p'_u$,得到第一褶积方程如下:

$$[0072] \quad p(t) = p_i - \int_0^t q(\tau) \Delta p'_u(t-\tau) d\tau$$

[0073] 式中:p为压力,单位MPa;t为时间,单位hr;q为流量,单位 m^3/d ;τ为积分因子;u为褶积压力标记。

[0074] 引入Z函数,将第一褶积方程转换为第二褶积方程:

$$[0075] \quad p_m(t) = p_0 - \int_{-\infty}^{\ln t} q_m(t-e^\tau) e^{Z(\tau)} d\tau,$$

[0076] 式中,m为监测数据标记;Z函数为:

$$[0077] \quad Z(\tau) = \ln \left[\frac{dp_u(t)}{d \ln(t)} \right] = \ln \left[\frac{dp_u(\tau)}{d\tau} \right];$$

[0078] 针对第二褶积方程,假设井筒储存现象出现在第一个计算节点之前,并且第一个节点对应的时间T1足够小,足可以将T1设为小于或等于最小压力信号的经过时间,则第二反褶积方程转换为第三褶积方程:

$$[0079] \quad p_m(t) = p_0 - q_m(t) p_u(t_1) - \int_{\tau_1}^{\ln t} q_m(t-e^\tau) e^{Z(\tau)} d\tau,$$

[0080] 采用非线性的加权最小二乘法目标函数E求解,需要拟合的项包括:压力、流量和曲率,得到如下公式:

$$[0081] \quad E(p_0, p_u(t_1), z, y) = \frac{1}{2} \left\| \frac{p_0 e - p_m - p_u(t_1) \tilde{y} - \tilde{C}(z) y}{\varsigma_p} \right\|_2^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{y - q_m}{\varsigma_q} \right\|_2^2 + \frac{1}{2} \left\| \frac{D_z}{\varsigma_c} \right\|_2^2,$$

[0082] 式中:y是预测流量, m^3/d ;e为M维单位向量; \tilde{C} 是 $M \times N$ 维的压力系数矩阵,通过阶段恒定流量函数 $q_m(t)$ 推演而得; \tilde{y} 是预测流量的M维列向量, P_m 为每个流量y对应的压力;D为曲率矩阵; ς_p 、 ς_q 、 ς_c 是压力、流量、曲率参数的误差范围。

[0083] 在一个实施例中,求解最小二乘法目标函数E时,针对最右侧项选用的曲率约束预测模型如下:

$$[0084] \quad \Omega_{ci}(z) = \frac{1}{\Delta \tau} (z_{j-1} - 2z_j + z_{j+1}).$$

[0085] 在一个实施例中,若假设褶积函数中 $q_m(t-e^\tau) = 1m^3/d$,则得到如下第四褶积方程:

$$[0086] \quad p_u(t) = p_u(t_1) + \int_{\tau_1}^{\ln t} e^{Z(\tau)} d\tau,$$

[0087] 将Z函数分段线性表达,则得到第四褶积方程的离散格式:

$$[0088] \quad p_u(t_j) = p_u(t_1) + \sum_{j=2}^i \frac{(e^{z_j} - e^{z_{j-1}})}{(z_j - z_{j-1})} \ln\left(\frac{t_j}{t_{j-1}}\right),$$

[0089] 采用该离散格式直接求解褶积函数。

[0090] 反褶积试井解释技术能够应用于煤层气井渗透率、泄流半径等参数的分析。基于反褶积方法重整煤层气井生产数据,可获得单位流量下的压力数据,利用煤层气试井模型解释可得到这些参数。本发明实施例中的煤层气井的试井分析方法可获取煤层气井渗透率、压力等数据,和真实数据相比具有误差小的优点。验证方式如下:

[0091] 以H3-1和H3-2两口煤层气井为例,其中H3-1井采用压力计监测井底流压,由于夜间停电关井,测试期间出现了多次开关井;H3-2井前期未下压力计通过动液面深度折算井底流压,后期关井后采用压力计监测压力恢复阶段的井底流压。

[0092] 首先将H3-1井中某一段的压降数据进行常规试井解释分析,再将全部压恢段的数据进行反褶积试井解释,对比两种解释结果。

[0093] 然后将H3-2井的日产水和井底流压数据进行反褶积试井解释,关井后压力计监测的井底流压数据进行常规压恢试井解释,对比两种解释结果,论证煤层气反褶积试井解释结果的可靠性。

井号	试井解释方法	初始压力		渗透率		表皮系数		井筒系数		边界距离	
		拟合值 /MPa	误差	拟合值 /mD	误差	拟合值	误差	拟合值 /m ³ .MPa ⁻¹	误差	拟合值 /m	误差
[0094] H3-1	压降测试分析	0.302		9.38		-6.65		4.58		348	
	反褶积分析	0.302	0%	9.3	1.0%	-6.79	2.1%	4.34	5.5%	352	1.1%
H3-2	压恢测试分析	5.24		3.54		1.1		34.7		929	
	反褶积分析	5.25	0.2%	3.5	1.1%	0.79	28%	33.6	3.2%	1000	7.1%

[0095] 表1常规试井方法与反褶积试井方法的解释结果表

[0096] 从表1中可以看到,煤层气井采用压力计监测井底压力时,反褶积分析结果与压降测试分析结果非常接近,误差很小;采用动液面折算的井底压力数据进行反褶积分析与压力计监测的关井压恢测试分析结果相近,误差较小。此外,从图2~图5的双对数曲线上看,反褶积试井方法可以得到测试全部历程的压力响应,其探测范围要大得多。因此,本专利提出的反褶积试井方法可用于渗透率、初始地层压力等参数的获取,为后期压降特征分析以及排采界限的确定奠定了基础。

[0097] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,在本发明的上述教导下,本领域技术人员可以在上述实施例的基础上进行其他的改进或变形。本领域技术人员应该明白,上述的具体描述只是更好的解释本发明的目的,本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

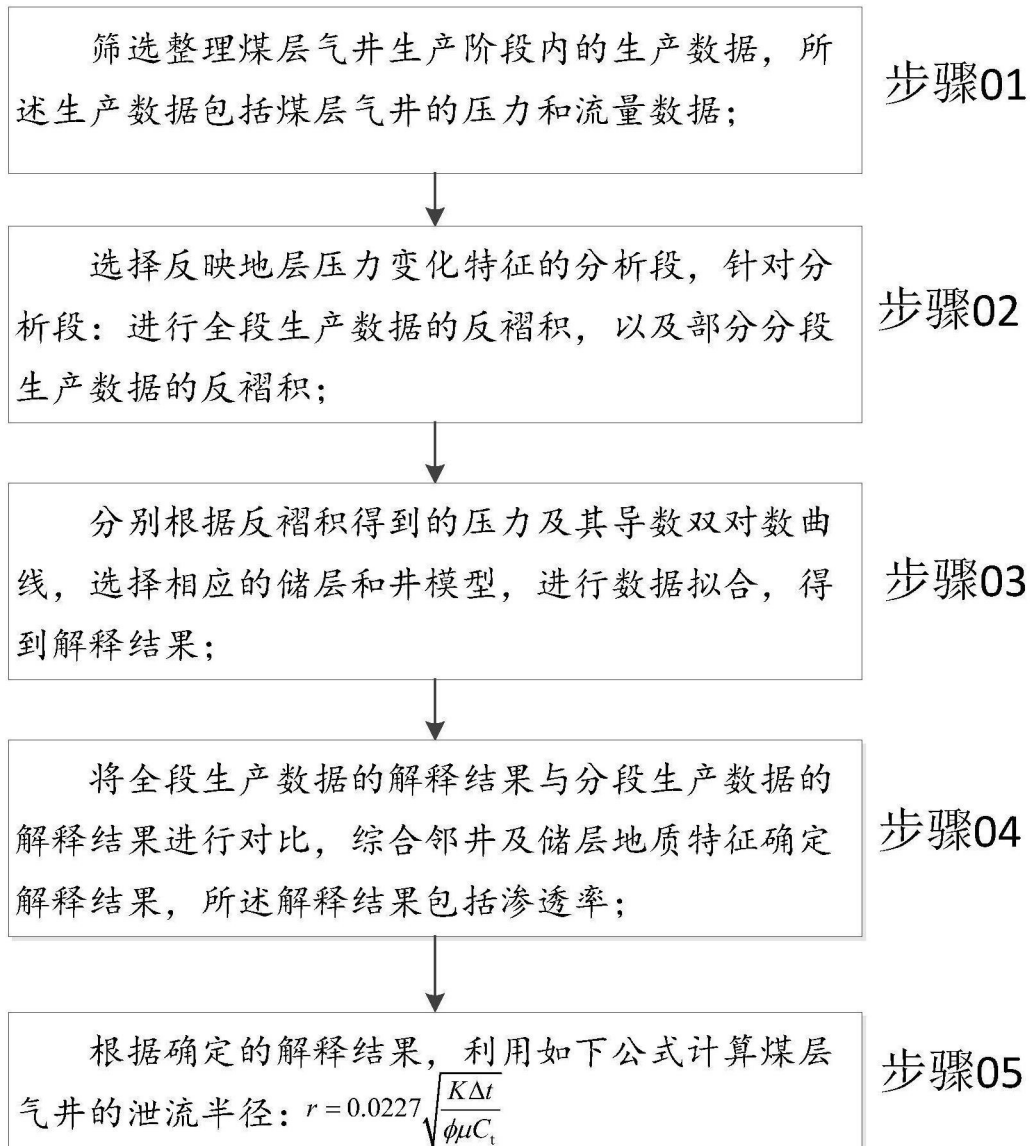


图1

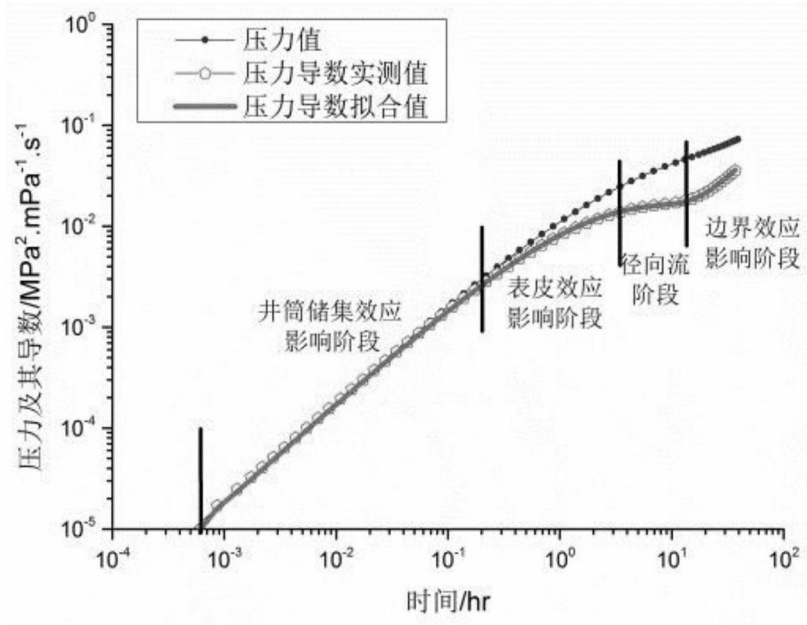


图2

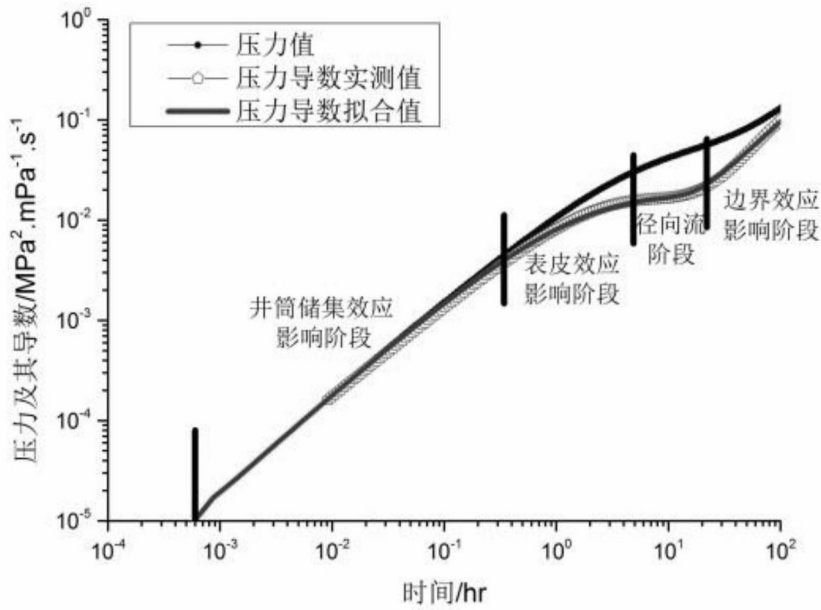


图3

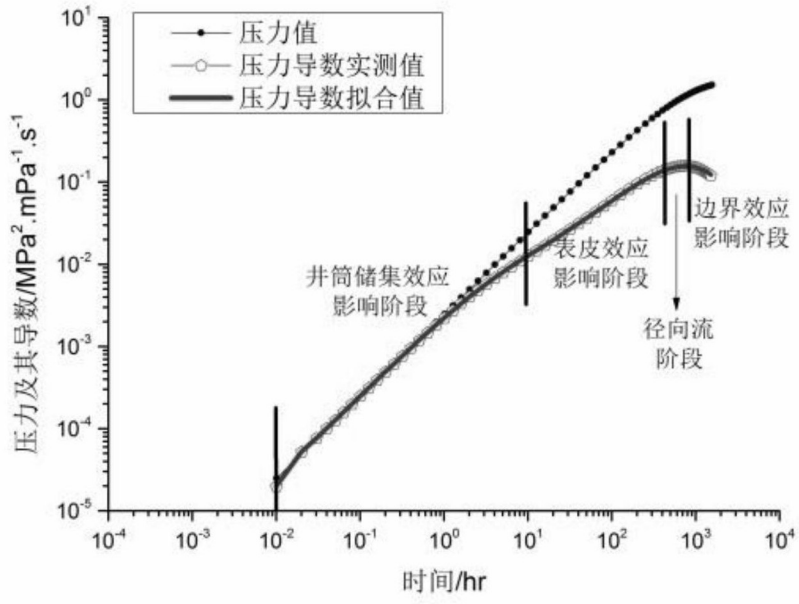


图4

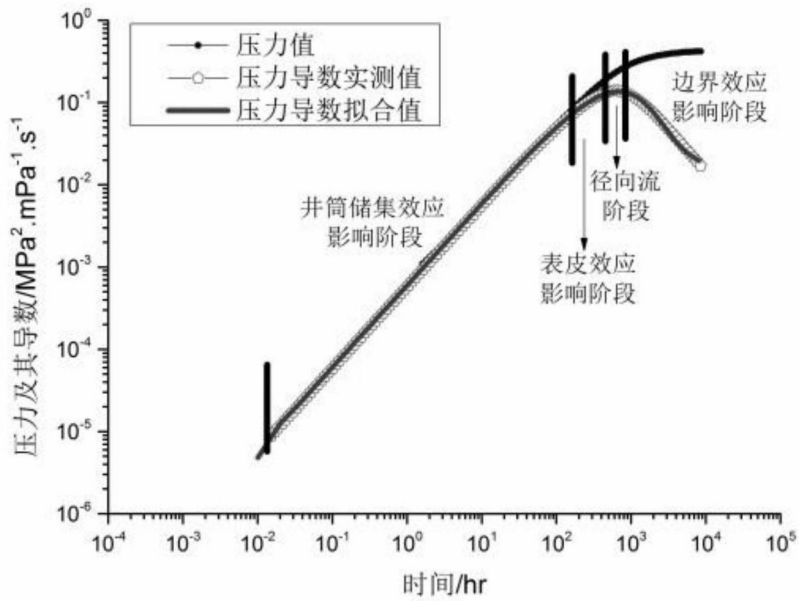


图5