文章编号:1000-5870(2004)01-0046-06

# 变井筒储存的三重介质油藏试井解释方法研究

#### 军, 戴卫华, 王子胜 姚

(石油大学石油工程学院,山东东营 257061)

摘要:建立了由基岩系统、裂缝系统和溶洞系统组成的三重介质油藏的试井解释模型,采用 Laplace 变换进行求 解,并给出了考虑变井筒储存和表皮效应的压力计算方法。讨论了介质间窜流、弹性储容比及变井储参数对压力响 应的影响。在半对数曲线上出现 3 条直线和 2 个台阶,双对数导数曲线表现为 2 个下凹部分,分别表示裂缝系统和 基质孔隙系统向溶洞系统的窜流。提出了利用遗传算法进行自动拟合的试井解释方法,并编制了实用软件。实例 分析结果表明了该方法的可靠性和实用性。

关键词:三重介质油藏;表皮效应;变井筒储存;试井解释:数学模型 中图分类号:TE 353 文献标识码:A

前苏联学者 Barenblatt<sup>[1]</sup>首次提出了双重介质 的概念用来描述裂缝性储集层,并建立了相应的渗 流数学模型;随后,美国学者 Warren 和 Root<sup>[2]</sup>也提 出了描述裂缝性油藏的双孔隙介质数学模型:后来. 一些学者[3,4]提出了孔隙-裂缝-孔隙型的三重介质 的达西渗流模型。笔者针对基岩孔隙系统、裂缝系 统和溶洞系统组成的三重介质油藏,研究变井筒储 存条件下溶洞与井筒连通的试井解释问题。

#### 溶洞与井筒连通的三重介质油藏试 1 井解释模型的建立

对基岩孔隙系统、裂缝系统和溶洞系统组成的 三重介质油藏(图1),作如下假设:



#### 图1 物理模型

(1)油井产量恒定:(2)地层流体和岩石微可压 缩,流体为单相,且压缩系数为常数;(3)地层流体在 3个渗流场内的流动服从达西定律;(4)不考虑井筒 储存和表皮效应的影响:(5)油井测试前地层中各点 的压力均匀,都为油藏初始压力;(6)忽略重力和毛

收稿日期:2003-05-20

基金项目:"十五 '国家重大科技攻关项目"塔河油田开发关键技术 "(2001BA605A03) 作者简介:姚军(1964 - ) .男(汉族) .山东平邑人 .教授 .博士 .博士生导师 .从事油气田开发工程方面的教学与科研工作。

管力的影响,并设地层中的压力梯度较小;(7)每种 介质(基岩、裂缝或溶洞)的孔隙度与另一种介质的 压力变化无关:(8)溶洞与井筒连通并忽略裂缝和基 岩向井筒的供液,而基岩和裂缝只作为源项。基岩 和溶洞之间以及裂缝与溶洞之间发生拟稳态窜流。

在无限大三重介质油藏溶洞与井筒连通情况 下,无因次试井解释的数学模型为

$$\begin{aligned} \frac{1}{r_{\rm D}} \frac{\partial}{\partial r_{\rm D}} \left[ r_{\rm D} \frac{\partial p_{\rm Dv}}{\partial r_{\rm D}} \right] &- m \frac{\partial p_{\rm Dm}}{\partial t_{\rm D}} - f \frac{\partial p_{\rm Df}}{\partial t_{\rm D}} = v \frac{\partial p_{\rm Dv}}{\partial t_{\rm D}}, \\ &- mv (p_{\rm Dm} - p_{\rm Dv}) = m \frac{\partial p_{\rm Dm}}{\partial t_{\rm D}}, \\ &- fv (p_{\rm Df} - p_{\rm Dv}) = f \frac{\partial p_{\rm Df}}{\partial t_{\rm D}}, \\ &p_{\rm Dj} (r_{\rm D}, t_{\rm D}) \Big|_{t_{\rm D}=0} = 0 \quad (j = m, f, v), 1 \quad r_{\rm D} + \\ &\frac{\partial p_{\rm Dv}}{\partial r_{\rm D}} \Big|_{r_{\rm D}=1} = -1, \\ &\lim_{r_{\rm D}} p_{\rm Dv} (r_{\rm D}, t_{\rm D}) = 0. \\ &m_{\rm T} = 1 \\ &\frac{\partial p_{\rm Dv}}{\partial r_{\rm D}} \Big|_{t_{\rm D}=0} = 0. \end{aligned}$$

$$\left. \frac{p_{\mathrm{Dv}}}{r_{\mathrm{D}}} \right|_{r_{\mathrm{D}} = r_{\mathrm{eD}}} = 0$$

对于有界圆形定压力地层,外边界条件为

$$p_{\mathrm{Dv}}(r_{\mathrm{eD}}, t_{\mathrm{D}}) = 0.$$

$$r_{\rm D} = \frac{r}{r_{\rm w}}, r_{\rm eD} = \frac{r_{\rm e}}{r_{\rm w}}$$

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$$t_{\rm D} = \frac{3.6 \, k_{\rm v}}{\mu r_{\rm w}^2 (_{\rm m} C_{\rm m} + _{\rm f} C_{\rm f} + _{\rm v} C_{\rm v})} t,$$
  

$$p_{\rm Dj}(r_{\rm D}, t_{\rm D}) = \frac{k_{\rm v} h}{1.842 \times 10^{-3} \, q\mu B} [p_{\rm i} - p_{j}(r, t)] (j = m, f, v),$$
  

$$j = \frac{jC_{j}}{m C_{\rm m} + _{\rm f} C_{\rm f} + _{\rm v} C_{\rm v}} \quad (j = m, f, v),$$
  

$$j_{\rm v} = \frac{-jk_{\rm v} r_{\rm w}^2}{k_{\rm v}} \quad (j = m, f).$$

式中,下标 m,f,v 分别代表基岩、裂缝和溶洞系统;  $k_v$ 为溶洞渗透率, $\mu$ m<sup>2</sup>; p = p(r,t)为地层瞬时压 力,MPa; 为孔隙度,小数; C 为压缩系数,MPa<sup>-1</sup>; mv和 fv 分别为基岩和裂缝与溶洞之间的窜流系 数; j(j = m, f, v)分别为基岩、裂缝和溶洞系统的 弹性储容比; $\mu$ 为流体粘度,mPa ·s; $r_w$ 为井筒半 径,m; $r_e$ 为外边界半径,m;h为油层有效厚度,m; q为地面流量,m<sup>3</sup>/d; $p_i$ 为原始地层压力,MPa;j(j = m, f)为基岩和裂缝的形状因子。

## 2 溶洞与井筒连通的三重介质油藏 试井解释模型的求解

对于上述试井解释模型,采用Laplace变换方法 得到拉氏空间的无因次压力解。

#### 2.1 无限大三重介质油藏

$$\overline{p_{\mathrm{Dv}}}(r_{\mathrm{D}},s) = \frac{K_0 \int \sqrt{sf(s)} r_{\mathrm{D}} J}{s \sqrt{sf(s)} K_1 \int \sqrt{sf(s)} J}.$$

其中

 $f(s) = \frac{m - mv}{m^{s} + mv} + \frac{f - fv}{f^{s} + fv} + v.$  $\vec{x} + K_0(x) = \frac{m - mv}{m^{s} + mv} + \frac{f - fv}{f^{s} + fv} + v.$ 

变量 Bessel 函数。

#### 2.2 圆形封闭三重介质油藏

$$p_{\mathrm{Dv}}(r_{\mathrm{D}}, s) = A \operatorname{I}_0[\sqrt{sf(s)} r_{\mathrm{D}}] + B \operatorname{K}_0[\sqrt{sf(s)} r_{\mathrm{D}}].$$

$$\begin{split} C_0 &= s \ \sqrt{sf\left(s\right)} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{K}_1 \left[ \ \sqrt{sf\left(s\right)} \ r_{\mathrm{eD}} \end{array} \right] \mathbf{I}_1 \left[ \ \sqrt{sf\left(s\right)} \ \right] - \\ \mathbf{K}_1 \left[ \ \sqrt{sf\left(s\right)} \ \right] \mathbf{I}_1 \left[ \ \sqrt{sf\left(s\right)} \ r_{\mathrm{eD}} \end{array} \right] \right\} , \end{split}$$

则

 $A = - I_1 [\sqrt{sf(s)} r_{eD}] / C_0,$ 

 $B = -K_1 [\sqrt{sf(s)} r_{eD}]/C_0.$ 

式中,  $I_0(x)$  和  $I_1(x)$  分别为 0 阶和 1 阶的第 1 类虚 变量 Bessel 函数。

#### 2.3 圆形定压三重介质油藏

 $\overline{p_{\mathrm{Dv}}}(r_{\mathrm{D}},s) = A \operatorname{I}_{0}[\sqrt{sf(s)} r_{\mathrm{D}}] + B \operatorname{K}_{0}[\sqrt{sf(s)} r_{\mathrm{D}}].$ 

$$C_{1} = s \sqrt{sf(s)} \{ K_{0}[\sqrt{sf(s)} r_{eD}] I_{1}[\sqrt{sf(s)}] + K_{1}[\sqrt{sf(s)}] I_{0}[\sqrt{sf(s)} r_{eD}] \},$$

$$M$$

$$A = - I_{0}[\sqrt{sf(s)} r_{eD}] / C_{1},$$

$$B = K_{0}[\sqrt{sf(s)} r_{eD}] / C_{1}.$$

## 3 考虑表皮效应和变井筒储存的压 力计算方法

上述求得的 Laplace 空间解中并没有考虑表皮 效应和井筒储存。为此,在拉氏空间内利用 Duhamel 原理考虑表皮效应和变井筒储存的影响,给出该情 况下的压力计算方法。

3.1 考虑表皮效应和井筒储存的压力计算方法

设变产量  $q_D(t_D)$ 下的井底压力为  $p_{wD}(t_D)$ ,由 Duhamel 原理得

$$p_{\rm wD} = \frac{t_{\rm D}}{0} q_{\rm D} (-_{\rm D}) \left[ \frac{\partial p_{\rm D} (t_{\rm D} - -)}{\partial} + S \right] d .$$
(1)  
其中

 $q_{\rm D} = q(t)/q_{\rm ref}.$ 

式中,  $p_D$  是产量为常数情况下的无因次井底压力;  $q_D(t_D)$  为无因次井底流量;  $q_{ref}$  为参考流量; S 为表 皮系数。

由无因次井筒储存系数  $C_D$  来表示变产量  $q_D(t_D)$ ,则有

$$q_{\rm D}(t_{\rm D}) = 1 - C_{\rm D} \frac{\mathrm{d} p_{\rm wD}}{\mathrm{d} t_{\rm D}}.$$
 (2)

对式(1),(2) 进行 Laplace 变换,整理可得

$$\overline{p}_{wD}(Z) = \frac{\overline{Zp_D(Z)} + S}{\overline{Z(1 + C_D Z [ \overline{Zp_D(Z)} + S] }}$$
  
$$\vec{x} + \overline{Z} \cdot \vec{y} = \overline{Zp_D(Z)} + \overline{Zp_D(Z)}$$

3.2 变井筒储存条件下的压力计算方法

考虑井筒储存系数由大变小,设 C<sub>smin</sub> 为试井结 束时趋于稳定的最小井筒储存系数,有

$$C_{s}(p_{w}) = C_{smin} + C_{s}(p_{w}).$$

$$r \frac{\partial p_{v}}{\partial r} \bigg|_{r=r_{w}} = \frac{B\mu}{2 kh} \bigg[ q + \frac{C_{smin}}{B} \frac{dp_{w}}{dt} + \frac{C_{s}(p_{w})}{B} \frac{dp_{w}}{dt} \bigg].$$
(3)

式中, C<sub>s</sub>(p<sub>w</sub>)为增量。

考虑井筒储存系数与流体压缩系数的关系以及 井筒储存系数和导数<sup>dpw</sup>在试井早 晚期阶段的变

化特点, 
$$C_s \frac{dp_w}{dt}$$
的表达式为  
 $C_s \frac{dp_w}{dt} = - \exp(-t).$ 

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



$$C_{\rm D} = \frac{C_{\rm smin}}{2 h C_{\rm t} r_{\rm w}^2}, \quad {}_{\rm D} = \frac{1}{q B}, \quad {}_{\rm D} = \frac{\mu C_{\rm t} r_{\rm w}^2}{k}.$$

考虑变井筒储存的内边界条件,利用 Laplace 变 换方法得到井筒储存系数由大变小时的拉氏空间的 无因次压力解为

$$\overline{p}_{wD}(Z) = \frac{\overline{Zp}_D(Z) + S}{\overline{Z} + C_D Z} \left[ \overline{Zp}_D(Z) + S \right] \left[ 1 - \frac{Z_D}{Z + D} \right].$$

同理,可得到井筒储存系数由小变大时的拉氏 空间的无因次压力解:



(a) 无因次压力半对数曲线

图 3 为基岩-溶洞窜流系数 mv 对压力响应影

响的曲线( $_{f} = 3.9 \times 10^{-3}$ ,  $_{v} = 2.9 \times 10^{-2}$ ,  $_{fv} =$ 

5.0 ×10<sup>-6</sup>)。mv 越大,基岩向溶洞窜流过渡段出现

得时间越早,在半对数曲线上代表过渡段的曲线出 现得越早,但形状不变,在双对数曲线上代表第2个

下凹部分也出现得越早,过渡段曲线沿0.5水平线

曲线(f = 2.9 ×  $10^{-2}$ , fy =  $10^{-7}$ , my =  $10^{-8}$ )。在

半对数曲线上,溶洞弹性储容比,相差越大,无因

次压力直线段间的距离越大表明裂缝与溶洞之间的 窜流时间也就越长。在双对数曲线上,随着溶洞弹性

储容比 , 的减小, 导数过渡段曲线出现得时间越

长,同时下凹越深。裂缝弹性储容比 <sub>f</sub>对压力响应

图 4 为溶洞弹性储容比 ,对压力响应影响的

向左平移但形状不变。

4.2 弹性储容比对压力响应的影响

式中 $, p_{D}$ 为不考虑表皮效应和井筒储存的无限大地层、 圆形封闭地层和圆形定压地层的无因次井底压力。

对无因次压力解  $\overline{p}_{wD}(Z)$  利用 Stehfest 数值 Laplace 反演方法可求得考虑变井筒储存和表皮效 应的真实空间的无因次井底压力。

#### 地层参数对压力响应的影响 4

#### 4.1 窜流系数对压力响应的影响

图 2 为裂缝-溶洞窜流系数 fv 对压力响应影响 的曲线(f = 3.9 × 10<sup>-3</sup>, y = 2.9 × 10<sup>-2</sup>, my = 10-8)。(,越大,裂缝向溶洞窜流过渡段出现得越 早,在半对数曲线上代表过渡段的曲线出现得越早, 但形状不变,在双对数曲线上代表第1个下凹部分 也出现得越早,过渡段曲线沿0.5 水平线向左平移



裂缝-溶洞窜流系数对压力响应的影响 图 2

> 的影响与 。的影响相同,只是产生影响的时间略晚 于、的影响。

#### 4.3 变井储参数 p和 p对压力响应的影响

图 5 为井筒储存系数连续变小时 p 和 p 不同 取值时的压力响应曲线。由图 5 可以看出,压力和压 力导数双对数曲线早期段斜率超过45°,导数曲线波 峰陡而窄。当 瓦不变,瓦不断变小时或者当 瓦不 变, <sub>D</sub>不断变大时, 压力和压力导数曲线越来越 陡。

图 6 为井筒储存系数连续变大时 p 和 p 不同 取值时的压力响应曲线。由图 6 可以看出,压力双对 数曲线呈现驼峰状。在井筒储存阶段,导数曲线仍在 压力曲线下方,但是在压力和压力导数曲线之间出 现一个下凹段。当 见不变时, D 越大, 压力曲线驼 峰越低;当 <sub>D</sub>不变时, <sub>D</sub>越小, 压力曲线驼峰越高,

7

· 49 ·

#### 导数曲线下凹段出现时间越早。









### 5 试井解释方法及软件编制

将常规试井解释的结果作为初值代入试井解释 模型,反复调用正演过程,结合遗传模拟退火算法, 对初始参数不断进醒修改、微调,直至达到理论曲线 与实测曲线拟合好为止,整个试井解释过程是一个 半自动的分析过程。对变井筒储存的溶洞与井筒连 通的三重介质油藏模型,试井解释的参数主要是井 筒储存系数(极大值或极小值)、表皮系数、溶洞渗透 率、基岩向溶洞窜流系数、裂缝向溶洞窜流系数、基 岩弹性储容比、溶洞弹性储容比、变井储控制参数 <sub>D</sub>和 <sub>D</sub>。根据上述理论,编制了三重介质油藏试井 解释软件<sup>[5,6]</sup>。

### 6 应用实例

某井位于奥陶系层位,属于典型的三重介质油 藏,井和油藏的物性参数为:孔隙度为3%,井筒半 径为0.074615 m,综合压缩系数为 $1.472 \times 10^{-3}$ MPa<sup>-1</sup>,原油体积系数为1.2746,含油饱和度为 0.3,油层有效厚度为88.1 m,地下原油粘度为0.5mPa ·s,原油压缩系数为 $2.19 \times 10^{-3}$  MPa<sup>-1</sup>。选择 "三重介质油藏溶洞 - 井筒连通 + 变井筒储存 + 表 皮系数 + 垂直断层"试井解释模型,对试井测试数 据进行解释分析。通过对半对数直线段分析和曲线 自动拟合,解释参数值为:井筒储存系数为0.379m<sup>3</sup>/ MPa,溶洞渗透率为 $1.423 \mu$ m<sup>2</sup>,裂缝向溶洞窜 流系数为 $1.530 \times 10^{-6}$ ,溶洞弹性储容比为 $2.325 \times 10^{-4}$ ,表皮系数为 - 3.398,基岩向溶洞窜流系数为  $9.16 \times 10^{-7}$ ,基岩弹性储容比为0.9502, p为0.01, p为 - 5.12。图 7 为该井的双对数压力曲线拟合



### 7 结 论

(1)建立了溶洞与井筒连通的三重介质油藏试 井解释模型,并利用 Laplace 变换方法、Duhamel 原 理及变井筒储存的关系,推导出了考虑表皮效应和 变井筒储存情况下的 Laplace 空间解。

(2) 裂缝<sup>-</sup>溶洞窜流系数 fv 越大, 半对数曲线 第1个过渡段出现得越早, 双对数导数曲线第1个 下凹部分出现得越早;基岩<sup>-</sup>溶洞窜流系数 mv 的影 响和 fv 类似,只是 mv 影响压力响应曲线的第2个 过渡段;溶洞弹性储容比 v 相差越大,则在半对数 图上相应曲线之间的距离就越大,在双对数图上导 数曲线过渡段出现得时间越长,下凹越深,裂缝性弹 性储容比 f 与 v 影响类似,只是时间上相对晚一 些;变井筒储存参数 D和 D对压力响应的早期有 较大的影响。

(3)提出了以常规试井解释结果作为初值,结 合遗传模拟退火算法的多参数自动拟合试井解释方 法,并利用该方法对矿场实测资料进行解释,结果符

#### 合实际情况。

#### 参考文献:

- BARENBLATT GL, ZHEL TOV Yu P and KOCINA.
   Basic concepts in the theory of seepage of homogeneous liquids in fissured rocks [J]. Soviet J App Math and Mech, 1960, 5(XXIV):1283 - 1303.
- [2] WARREN J E and ROOT PJ. The behavior of naturally fracture reservoirs[R]. SPE 426,1963.
- [3] DERUGCK B G, et al. Interpretation of interference

tests in reservoirs with double porosity behavior:theory and field examples[R]. SPE 11025,1982.

- [4] BOURDET D, WHITTLE T M, DOUGLAS A A, et al. A new set of type curves simplifies well test analysis
  [J]. World Oil, 1983, 196(6):95 106.
- [5] 刘能强.实用现代试井解释方法[M].北京:石油工业 出版社,1996.
- [6] 刘尉宁.现代试井分析方法的新进展及解释软件[M]. 北京:中国石油天然气总公司情报研究所,1989.

(责任编辑 李志芬)

(上接第 43 页)

数完善和简化了接触模式。动态响应均值的非线性 效应与静态分析结果基本一致;在钻柱旋转过程中 碰撞或连续接触可能交替存在或并存,这与井眼条 件和转速有关,对钻柱与井壁接触形式的任何假设 都可能是误差的根源;一般井眼曲率大于59(30 m)时,线性动态分析的误差不容忽视;转速较高(大 于70r/min)时须考虑动态因素,一般工况条件下动 态因素影响不大。

#### 参考文献:

[1] MILLHEIM K K, et al. The effect of bottom-hole assembly dynamics on the trojectary of a bit [J]. JPT, 1981,33(12):2323 - 2338.

- [2] DUNA YEOSKY V A, et al. Dynamics stability of drillstring under fluctuating weight-on-bit [R]. SPE 14329, 1985.
- [3] BIRADES M, et al. ORPHEE3D: Static and dynamic tridimentional BHA computer method [R]. SPE 15466, 1986.
- [4] 刘延强.旋转钻柱环空动力学问题的研究[J].计算结 构力学及其应用,1993,10(3):307 - 312.
- [5] 刘延强,等.环空钻柱结构三维非线性分析[J].应用数学和力学,1994,15(3):259 272.
- [6] 欣顿 E. 有限元程序设计[M]. 杨楚泉,译. 北京:新时 代出版社,1982.

(责任编辑 李志芬)

(上接第45页)

(2) 在一定的抽汲参数下,振动载荷和惯性载 荷对柱塞冲程的影响不可忽略。

(3) 计算公式是在假设悬点运动为简谐运动和 忽略摩擦及阻尼的条件下得出的,因而不适用于粘 度大的稠油井计算。

#### 参考文献:

[1] 张琪. 抽油机悬点最大载荷计算[J]. 华东石油学院学

报,1981(3):17-31.

- [2] 张琪.采油工程原理与设计[M].东营:石油大学出版 社,2000.
- [3] NEEL Y. Improving sucker rod string design [J]. Petroleum Engineering, 1976, 14(4):58 - 66.
- [4] 赵洪激. 斜直井抽油机井下杆柱力学计算[M]. 北京:石油工业出版社,1997.

(责任编辑 李志芬)

ton-Laphson method and loosing constraint method. The computations show that the theoretical models are feasible, perfective and simple. In the rotation of drill string, impact or continuous contact may happen alternatively or simultaneously, which is related to the status of well bore and rotary speed. Any hypotheses for contact forms between drill string and well wall may be the origin of analysis error. Dynamic analysis must be done at a high revolution rate, and the nonlinear analysis is generally necessary when the hole curvature is larger than five degrees per thirty meters. The effects of dynamic factors should be considered when the revolution rate of drill string is higher than seventy revolutions per minute.

**Key words**: drill string; large deflection well; dynamics; unknown boundary; dynamic friction contact model; finite element method

A new method for calculating plunger stroke loss of deep well pump/ QU Zhan-qing, ZHANG Qi, WANG Hai-yong and DONG Chang-yin. College of Petroleum Engineering in the University of Petroleum, China, Dongy-ing 257061/ Shiyou Daxue Xuebao, 2004,28(1):44~45

Abstract: Loss of stroke is one of the important factors affecting the pumping efficiency. When the routine calculation method was used to calculate the pumping efficiency before, the stroke loss was only considered to be resulted from the static load and the inertial polished force, while the vibration load was not considered seriously. The characteristic behaviors of the polished rod was analyzed, and then a new method for calculating additional loss of stroke caused by vibration load was presented, in consideration of the vibration displacement in sucker rod string and the acceleration distribution on the rod string. The case calculation shows that the additional loss of stroke caused by vibration load is great and impossible to be neglected. The exemplification shows that the new calculation method can be used in system diagnosis and parameter optimization of oil well with sucker rod pump, and the diagnosis accuracy and calculation precision can be improved obviously.

Key words: deep well pump; plunger stroke; vibration load; inertial load; calculation method

Well test interpretation method for triple meduim reservoir with variable wellbore storage / YAO Jun, DAI Wei-hua and WANG Zi-sheng. College of Petroleum Engineering in the University of Petroleum, China, Dongying 257061/Shiyou Daxue Xuebao, 2004,28(1):46~51

Abstract: A mathematical model for well test interpretation of triple medium reservoir was established. In consideration of the connection of vugs with well bore in allusion to triple medium reservoir composed of basement rock, fracture and cavern, the mathematical model was solved with the Laplace transform and numerical Laplace reverse evolution methods. The influences of storage to volume ratio and cross flow factor of basement rock, fracture and cavern on pressure response were analyzed. There are three lines and two steps on the semi-log graph, and there are two concaves in log-log derivative graph. These features express the channeling of fracture and basement pore systems towards the cavern. An automated matching interpretation method for test well using genetic theory was presented, and an applied software was developed. The practicability and reliability of the new method were identified by the field data analysis.

**Key words**: triple medium reservoir; skin effect; variable well bore storage; well test interpretation; mathematical model **Calculation methods for temperature and pressure distribution in supercritical gas injection well**/*LIU Hong-bo*, *CHENGLin-song*, *SONGLi-xin and LIU Zhi-liang*. *College of Petroleum Engineering in the University* of Petroleum, China, Beijing 102249/ Shiyou Daxue Xuebao, 2004,28(1):52~54

Abstract : According to the theory of heat transfer, thermodynamics and the vertical pipe flow, a mathematical model for calculating temperature and pressure distributions in well bore was established. Nodal analytic method, numerical difference method and enthalpy interpolation method were used to solve the mathematical model. The calculations of different materials injected in Jing 35 Block of Liaohe Oilfield showed that temperature decreased dramatically within the well depth of 600 meters, and then decreased slowly with the depth increment. The pressure in the vertical well bore increased linearly with the depth increment. Satisfactory results have been achieved by using nodal analytic method and enthalpy interpolation method. The accuracy of nodal analytic method is the best. The temperature achieved from the numerical difference method is higher than the normal temperature, and the pressure is lower than the normal pressure.

Key words: gas injection well; supercritical gas; wellbore pressure; wellbore temperature; calculation method

Pressure-decline curve analysis method and its application in fracture reservoir/ WANG Yu-pu, SUN Li,