

The Study of the Dynamic Analysis Method of the Commingled Production

Ke Li, Jinqing Zhang, Li Yang, Yingchun Zhang

CNOOC Research, Beijing
Email: like2@cnooc.com.cn

Received: Sep. 22nd, 2016; accepted: Oct. 6th, 2016; published: Oct. 10th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this article, we developed a new kind of method to estimate the dynamic effects of the commingled production of different reservoirs. This method is mainly based on the data of the physical and fluid properties, aquifer, development mode, etc. Through the combination of numerical analysis and reservoir engineering, we can figure out the changeful dynamic data in every layer (the proportion of the production rate, the formation pressure, etc.) as the time changes. This method is convenient to apply. It can give the accurate results and has certain practical application significance for us to judge the feasibility, the effect and the influencing factors of commingled production, so as to formulate the reasonable development plan or the production profile adjustment strategy.

Keywords

Commingled Production, Numerical Analysis, Dynamic Analysis

储层合采动态分析方法探讨

李珂, 张金庆, 杨莉, 张迎春

中海油研究总院, 北京
Email: like2@cnooc.com.cn

收稿日期: 2016年9月22日; 录用日期: 2016年10月6日; 发布日期: 2016年10月10日

摘要

本文提出一种分析不同储层合采效果的方法。本方法主要是建立在油藏物性及流体性质、水体能量、开发方式等数据的基础之上,将数值分析与油藏工程相结合,计算得到合采时各小层随时间变化的生产动态数据(产量比例、压力变化等)。这种动态分析方法简便易行,结果较为准确,对于判断合采效果和主要影响因素,从而制定合理的开发方案以及后期的产液剖面调整策略均具有一定的实际意义。

关键词

合采, 数值分析, 动态分析

1. 引言

在对小层数较多、层间差异又较大的油藏制定开发策略的时候,开发层系的划分以及合采效果的研究显得尤为重要。对于储层合采时的单层产量及开发效果分析,目前已有的做法是在油田投产初期用试油分析结果以及地层系数或流动系数来劈分各小层产量;生产过程中,则采用生产测井的产液剖面数据进行线性插值,从而获得指定时间各层的产量劈分系数。此外,还有地质综合分析法、油藏地球化学法等方法[1]-[4]。但是,层间渗透率、储层厚度、孔隙度、地层压力、砂体大小、流体性质、生产时间等多种因素对流量剖面的影响均十分显著,仅用单一参数或者插值的方法劈分单层产量,将会产生较大误差。而且,以上这些方法只能劈分某一时间点(段)的单层产量贡献值,无法预测随时间变化的生产指标。因此,本文尝试提出一种新的、分析储层合采效果的动态方法。

2. 储层合采动态分析方法

多层合采时,油井单层产量 Q_i 及总产量 Q_o 可表示为:

$$Q_{oi} = J_i \cdot (P_i - P_{wf} - \Delta_i), \quad i = 1 \sim n \quad (1)$$

$$J_1 \cdot (P_1 - P_{wf}) + J_2 \cdot (P_2 - P_{wf} - \Delta_1) + \dots + J_n \cdot (P_n - P_{wf} - \Delta_n) = Q_o \quad (2)$$

上式可转化为

$$P_{wf} = \left[(J_1 \cdot P_1 + J_2 \cdot P_2 + \dots + J_n \cdot P_n) - (J_1 \cdot \Delta_1 + J_2 \cdot \Delta_2 + \dots + J_n \cdot \Delta_n) - Q_o \right] / (J_1 + J_2 + \dots + J_n) \quad (3)$$

生产时,对于每一时间段来说,求取单层产量贡献的关键在于计算各层地层压力值 P 以及流压值 P_{wf} 。在掌握了油藏类型、驱动方式和流体性质后, P 和 P_{wf} 可以通过经验公式或物质平衡[5]-[9]方法求取:

$$N = \frac{N_p B_o + (G_p - N_p R_s) B_g + W_p B_w - W_e - G_{inj} B_{ginj} - W_{inj} B_{wing}}{(B_o - B_{oi}) + (R_{si} - R_s) B_g + m B_{oi} \left(\frac{B_g}{B_{gi}} - 1 \right) + B_{oi} (1 + m) \left(\frac{S_{wi} C_w + C_f}{1 - S_{wi}} \right) \Delta P} \quad (4)$$

式(1)~(4)中, n 为合采层数; N_p 、 G_p 、 W_p 、 W_e 分别为累产油、累产气、累产水、水侵量, m^3 ; $P_1 \sim P_n$ 为各层地层压力, MPa; ΔP 为地层压力变化值, MPa; N 为地质储量, m^3 ; m 为原始气顶体积与原始原油体积之比, m^3/m^3 ; S_{wi} 为束缚水饱和度; C_w 、 C_f 为地层水和岩石压缩系数, 1/MPa; $J_1 \sim J_n$ 为各层采油指数, m^3/MPa ; W_{inj} 、 G_{inj} 为累计注水注气量, m^3 ; R_{si} 、 R_s 为溶解气油比, m^3/m^3 ; B_{oi} 、 B_{gi} 、 B_o 、 B_g 、 B_w 、

B_{ging} 、 B_{wing} 为油气水体积系数； $\Delta_1 \sim \Delta_n$ 为各层至顶部第一小层参考深度的压力损失值，MPa。

本文计算各时间步内单层产量贡献值的方法为：

- ① 首先确定初始时间步的 $P_1 \sim P_n$ 、 $J_1 \sim J_n$ 、 $\Delta_1 \sim \Delta_n$ 等油藏参数值；
- ② 通过式(3)计算新时间步的 P_{wf} 值，进而求取各层产量和累产量数据；
- ③ 通过经验公式或物质平衡法计算新时间步内各层新的地层压力值，油田开发中后期可结合产量递减及含水上升规律计算新时间步内各层新的产量及含水变化值；
- ④ 求取新时间步内体积系数、溶解气油比等相关储层参数；
- ⑤ 进入下一时间步的计算，重复步骤②。

采用本文方法的优点是充分考虑了影响多层合采效果的各项储层参数以及其随时间、压力等变化情况。采用数值分析方法，通过编程计算，可得到的不同参数下两层合采效果见图 1。

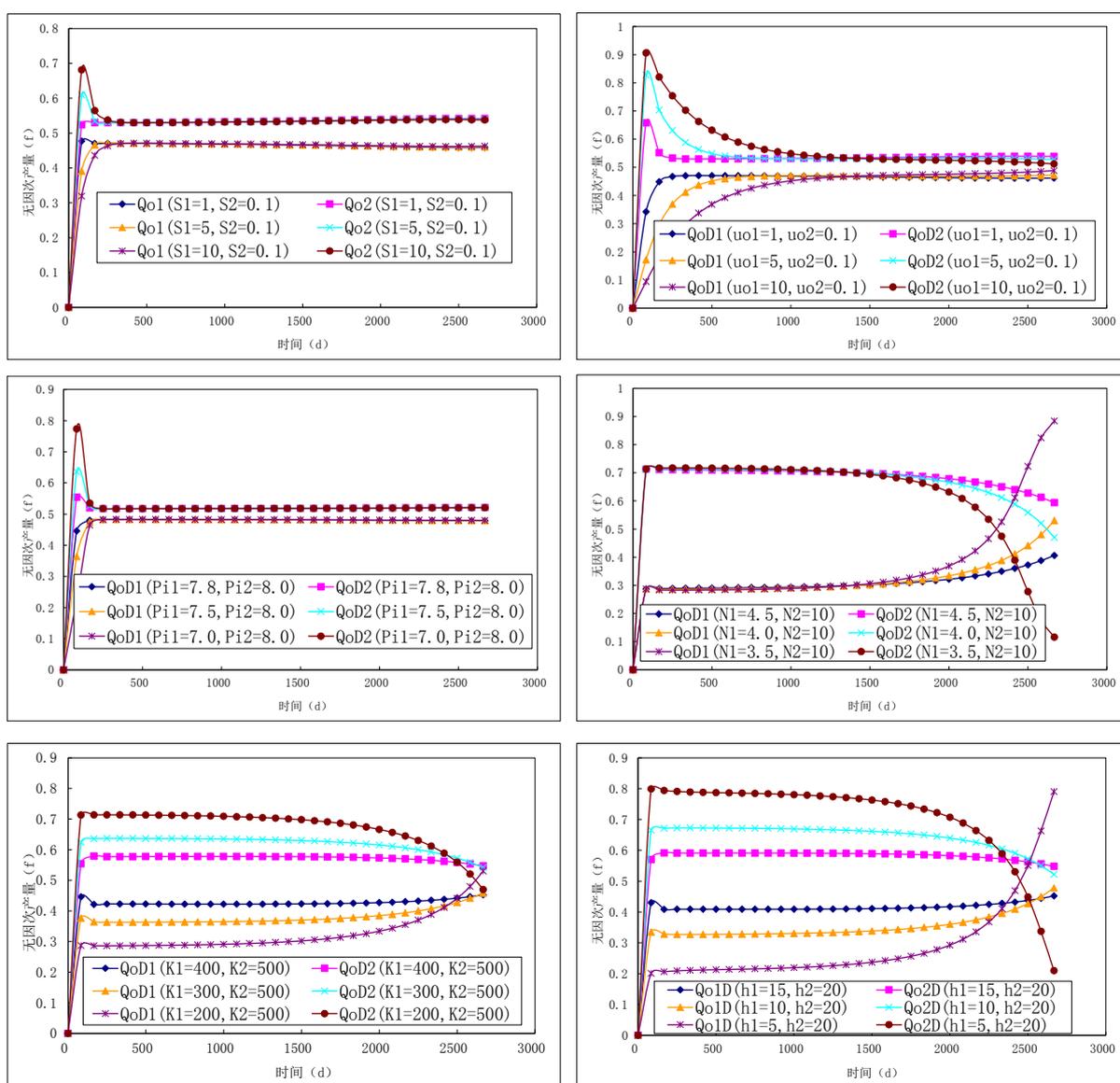


Figure 1. Commingled production rate of two different reservoirs

图 1. 不同储层条件下合采时单层产量分析图

由图 1 可知, 表皮系数 S 、流体粘度 μ_o (单位为 cp)、原始地层压力 P_i (单位为 MPa) 主要影响初期产量大小, P_i 越小, μ_o 、 S 越大, 初期产量的贡献率就越低, 随着生产时间的延长, 产量小的层贡献率有所增加。砂体储量大小 N (单位为 10^4 m^3) 主要影响产量大小和后期产量变化的时间, 各层值越接近则后期产量变化时间就越延后, 值越小则该层前期产量的贡献率就越小, 但后期有所上升。地层系数(渗透率 K 单位为 mD、有效厚度 h 单位为 m) 同时影响初期产量和后期产量变化的时间。

3. 油田应用

M 为一边水断背斜油藏, 埋深约 2000 m, 属中高孔、中高渗, 轻质, 低粘, 地饱压差大(约 9 MPa)。该油藏共有两层, 下部 B 层储量约为上部 A 层储量的 10 倍以上; 上下层面积迭合较好; 相距约 30 m, 各层平均有效厚度约 11 m; 物性差异较大, 测井及试井解释结果显示, A 层平均渗透率 2000 mD, B 层平均渗透率 800 mD; 流体性质相近。合采井数据表明(图 2), B 层产量贡献大于 A 层。

结合地质油藏特征、驱动类型、布井方式等, 采用本文动态法计算合采效果如图 3。

计算结果, 以 $119^3/\text{d}$ 为初始合采产量, 下降相同压力后(A 层压力下降 1.5 MPa), A 层实际产量为 $90 \text{ m}^3/\text{d}$ 、B 层为 $29 \text{ m}^3/\text{d}$; 计算 A 层产量为 $87 \text{ m}^3/\text{d}$ 、B 层为 $32 \text{ m}^3/\text{d}$ 。A、B 层计算产量误差分别为 -3.7% 和 11.6% 。图 3 表明, 各层产量变化趋势计算结果与生产动态结果一致。分析可得, A 层物性好, 测试产能及米采油指数也高于 B 层。但是, 在两层合采时, 由于储量、地层能量大小和注水受效程度等因素的影响, A 层产量贡献比例将持续下降; 此外, 生产过程中, 产量越高、能量补充越迟, 两层互相干扰越强烈, 图 2 中曲线开始交叉的时间也越短。

4. 结论

- 1) 本文提出了一种储层合采动态分析方法, 叙述了推导过程和分析步骤。
- 2) 分析表明, 多层合采时, 各层表皮系数、原始地层压力、流体粘度(或水油粘度比)主要影响各层初期产量大小, 地层系数、砂体规模大小主要影响产量大小和后期产量变化的时间。
- 3) 采用本文提出的动态分析方法, 结合试油和(或)生产测井等资料, 可快速有效地分析判断合采可行性, 预测合采效果, 帮助制定合理的生产制度和开发策略。

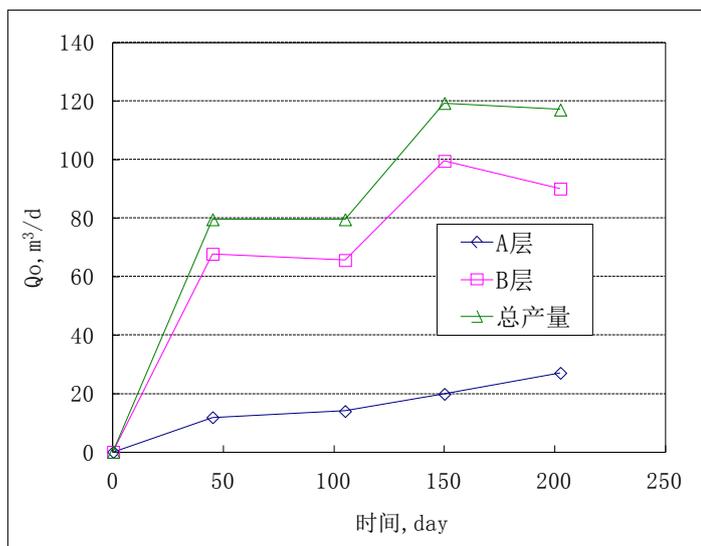


Figure 2. Production rate of different layers in M oil field

图 2. M 油田合采时单井各层产量变化图

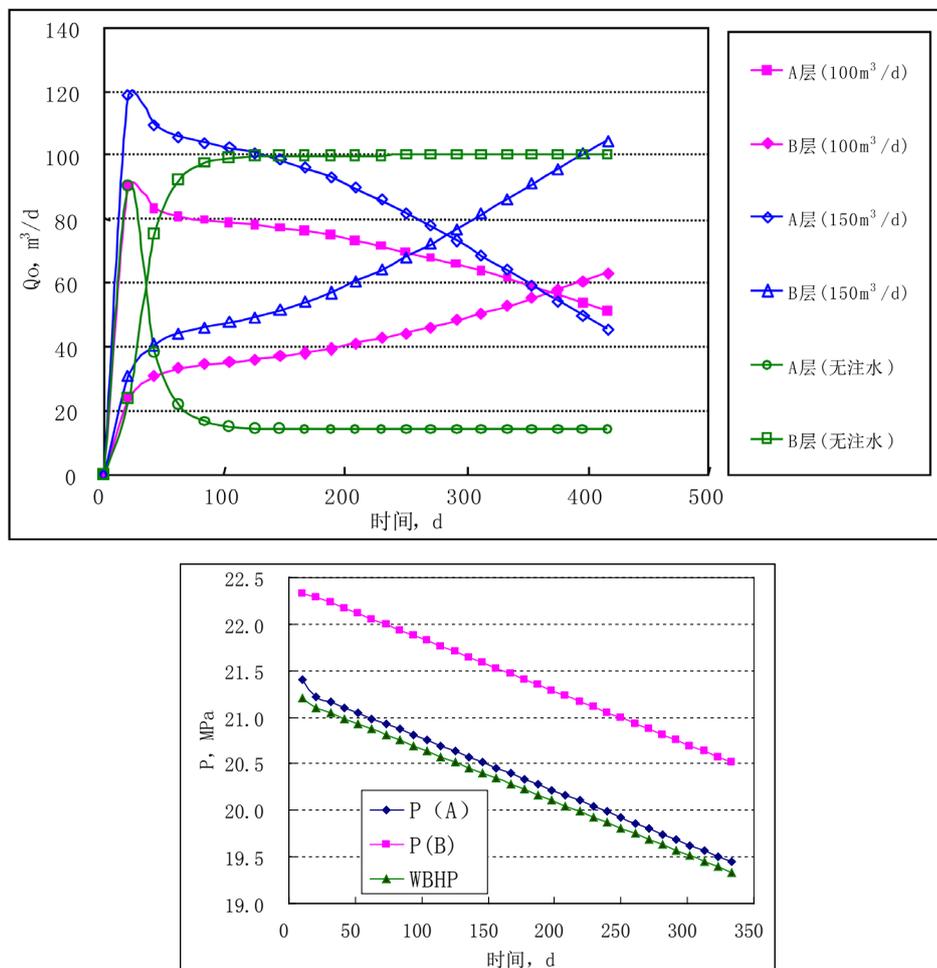


Figure 3. Forecast of production rate and pressure of different layers in M oil field
图 3. M 油田合采时单井各层产量贡献及压力变化动态计算及预测

基金项目

国家科技重大专项(2011ZX05030-005)资助。

参考文献 (References)

- [1] 尹太举, 白全明. 合采井产量贡献估算[J]. 新疆石油天然气, 2005, 1(3): 47-50.
- [2] 熊听东, 杨建军, 刘坤, 李晓明. 运用劈分系数法确定注水井单井配注[J]. 断块油气田, 2004, 11(3): 56-59.
- [3] 李斌, 张国旗, 刘伟, 吴晨洪, 柳金旺. 年度措施产油量配产方法研究[J]. 石油学报, 2001, 22(2): 70-78.
- [4] 薛风云, 闫建文, 周丽华. 一套井网分注合采采油工艺技术可行性研究[J]. 钻采工艺, 2001, 24(1): 41-43.
- [5] [美]塔雷克·艾哈迈德, 著. 油藏工程手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009: 810-854.
- [6] 胡光义. 海上油气田储量品质评价与开发决策[M]. 成都: 四川大学出版社, 2014: 31-47.
- [7] 陈元千. 油气藏工程实用方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 238-277.
- [8] 王捷, 主编. 油藏描述技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 253-284.
- [9] 裘亦楠, 薛叔浩, 等, 编著. 油气储层评价技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 71-79.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：me@hanspub.org