

文章编号:1000-0747(2003)03-0126-03

# 纯41断块沙四段现今地应力场有限元模拟

刘显太<sup>1,2</sup>,戴俊生<sup>3</sup>,徐建春<sup>3</sup>,汪必峰<sup>3</sup>

(1. 中科院广州地球化学研究所; 2. 中国石化胜利油田地质科学研究所; 3. 石油大学(华东))

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA605A09); 中国石油化工股份有限公司“十五”科技攻关项目(P01013)

**摘要:** 梁家楼油田纯41断块位于东营凹陷的西南部, 主要油气产层是沙四段。现今地应力对油田开发有重要影响。用岩石声速法和井斜统计法确定关键井的水平主应力方向, 用声发射法测量关键井的水平最大主应力, 用水力压裂法计算关键井的水平最小主应力。以关键井的地应力测量、计算结果为约束条件, 采用弹性平面有限元法模拟该断块沙四段现今地应力场, 结果是: 水平最大主应力值为52~74MPa, 断块内部为近东西向, 断层带主要为北西向; 水平最小主应力值为41~52MPa, 断块内部为近南北向, 断层带主要为北东向。图5表3参10

**关键词:** 现今地应力; 弹性平面有限元; 数值模拟; 油田开发; 梁家楼油田; 东营凹陷

中图分类号: TE311 文献标识码: A

研究现今地应力, 可为油田开发的注采井网的布置、调整及开发方案设计等提供科学的背景资料<sup>[1-5]</sup>。本文研究东营凹陷西南部梁家楼油田纯41断块沙四段顶面现今地应力分布, 以关键井实测的水平主应力方向和数值为约束条件, 用弹性平面有限元法模拟该断块的现今地应力场。

## 1 关键井地应力测量

纯41断块为被两条北北西倾向断层夹持的北东向断块, 东邻牛庄洼陷, 西北为利津洼陷, 南以纯北断层为界与纯化油田相邻(见图1)。该断块西南部高东北部低, 主要储集层为以细砂岩为主的沙四段, 地层倾向和倾角变化都很明显。

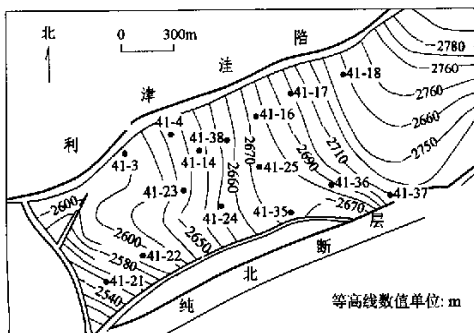


图1 纯41断块沙四段顶面构造图

为使地应力研究结果准确可靠, 本文综合采用岩石声速法和井斜统计法分析关键井现今地应力状态。

### 1.1 水平地应力方向

本文用岩石声速法测量了41-14井、41-16井和41-38井的水平主应力方向, 用井斜法统计了13口井

万方数据

的水平主应力方向, 两种方法<sup>[5-8]</sup>测量结果的差值较小(见表1), 说明结果可靠程度较高。

表1 声速法与井斜统计法测量最大水平主应力方向比较表

测量方法	最大水平主应力方向(°)		
	41-14井	41-16井	41-38井
声速法	260	262	251
井斜法	240	250	260
差值	20	12	9

### 1.2 井点地应力值

根据研究区资料的可利用情况, 本文综合采用声发射法<sup>[6-8]</sup>和水力压裂法<sup>[5]</sup>测量井点地应力值。

本文用声发射法测量了41-38井的最大主应力, 用水力压裂法计算了6口井沙四段(2653~2856m深度)的最小主应力。本地区该深度范围内最大和最小主应力均为水平方向<sup>[4]</sup>, 为便于对比, 用胜利油田的经验公式将各井的计算深度换算到沙四段顶面的平均深度2650m(见表2、表3)。经验公式为:

$$\sigma_1 = -22.58 + 0.034H \quad \sigma_3 = -11.65 + 0.022H$$

式中  $\sigma_1$ ——最大水平主应力, MPa;  $\sigma_3$ ——最小水平主应力, MPa;  $H$ ——深度, m。

表2 水力压裂法实测水平最小主应力值及模拟结果

井号	最小主应力(MPa)		
	2650m深度处	实际深度处	模拟计算
41-22	49.3	53.1 (2824.6m)	50.2
41-23	48.6	52.9 (2847.0m)	48.6
41-18	50.1	53.6 (2807.5m)	47.7
41-35	53.9	57.5 (2813.2m)	44.9
41-36	51.2	55.2 (2833.5m)	47.1
41-37	51.2	54.2 (2784.7m)	46.2

表3 声发射法实测水平最大主应力值及模拟结果

井号	最大主应力(MPa)		
	2650m深度处	实际深度处	模拟计算
41-38	67.6	67.5(2653.3m)	67.2

## 2 弹性平面有限元模拟模型

本文用弹性平面有限元法<sup>[9,10]</sup>模拟纯41断块沙四段顶面的现今地应力场。由于该断块的边界断层在现今地应力作用下没有活动,所以不将断层作为边界,考虑外加作用力的方便,取模拟区域边界与现今水平主应力方向垂直。北界取在41-18井向北0.35km处,南界取在41-35井向南0.67km处,南北边界的方位角取82°;西界取在41-22井向西0.73km处,东界取在41-37井向东0.5km处,东西边界的方位角取352°。选用四边形和三角形单元,共划分282个单元(213个断块单元,69个断层带单元)(见图2)。模拟层段以细砂岩为主,断层带岩石破碎严重,断层带单元弹性模量取 $2 \times 10^4$ MPa,泊松比取0.26;断块单元弹性模量取 $4.8 \times 10^4$ MPa,泊松比取0.21<sup>[9,10]</sup>。

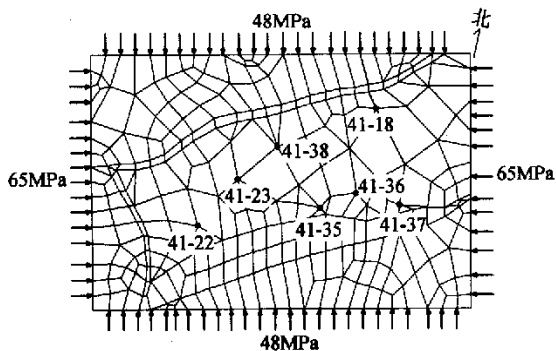


图2 纯41断块沙四段有限元计算单元划分及边界载荷图

以关键井的实测地应力为约束条件,通过对边界施加不同的载荷,使模拟计算结果逼近约束条件。纯41断块沙四段现今整体处在挤压环境中,经过反复调试,最终确定施加的挤压力南、北边界为48MPa,东、西边界为56MPa(见图2)。

## 3 模拟结果分析

### 3.1 水平最大主应力分析

由图3可见,水平最大主应力的最大值分布于纯41断块内部(大于73MPa),最小值分布于断块南界断层带(小于53MPa),断块内部应力值分布较稳定(约68MPa)。断层带附近是应力变化梯度带,南界断层最明显,北界断层次之。41-38井模拟计算最大主应力值为67.2MPa,声发射测量结果为67.6MPa,两者相差

万方数据

0.4MPa(见表3),模拟结果可信。断块内水平最大主应力基本为近东西向,断层带主要为北西向(见图4)。

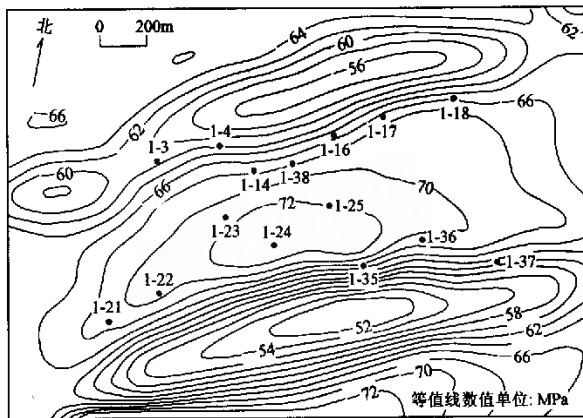


图3 纯41断块沙四段现今水平最大主应力等值线图

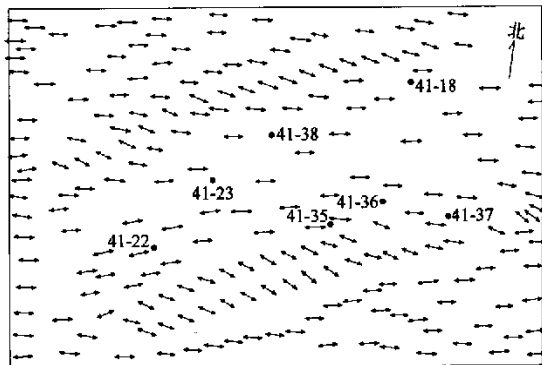


图4 纯41断块沙四段现今水平最大主应力方向图

### 3.2 水平最小主应力分析

由图5可见,水平最小主应力的最大值位于南界断层与西界断层交汇处附近(大于51MPa),最小值位于南界断层内部(小于42MPa),断块内部变化较小(约48MPa);断层带附近形成应力变化梯度带,南界断层最明显,西界断层次之,北界断层次之。

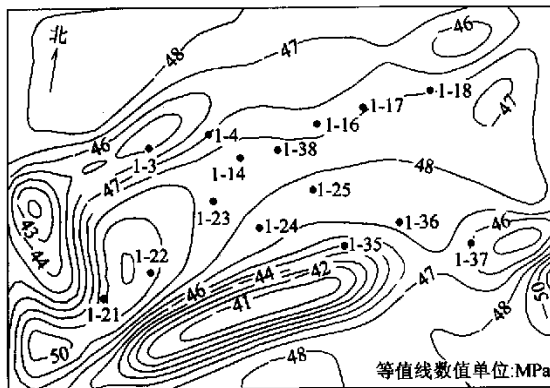


图5 纯41断块沙四段现今最小水平主应力等值线图

41-22 井等 6 口井模拟计算最小主应力平均值为 47.5MPa, 水力压裂计算结果为 50.7MPa, 两者相差 3.2MPa(见表 2), 模拟结果可信。各点最小主应力方向都垂直于最大主应力方向, 整体上呈近南北向, 在断层带内部因受断层影响主要呈北东向。

#### 4 结论

综合应用岩心声速法、井斜统计法和声发射法、水力压裂法来确定纯 41 断块关键井沙四段顶面现今地应力方向和水平最大、最小主应力, 是有效的方法。以关键井的地应力测量、计算结果为约束条件, 采用弹性平面有限元法对纯 41 断块沙四段现今地应力场的模拟结果是: 水平最大主应力为 52~74MPa, 断块内部为近东西向, 断层带主要为北西向; 水平最小主应力为 41~52MPa, 断块内部为近南北向, 断层带主要为北东向。

#### 参考文献:

- [1] 俞言祥, 许忠怀. 地应力信息在改善油田井网布局中的应用[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(4): 80-82.
- [2] 许忠怀, 吴宣, 齐胜福, 等. 北大港油田及邻区现代构造应力场特征[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(6): 78-81, 84.
- [3] 曾联波, 田崇鲁. 构造应力场与低渗透油田开发[J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(3): 91-93.
- [4] 李志明, 张金珠. 地应力与油气勘探开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [5] 张景和, 孙宗顺. 地应力、裂缝测试技术在石油勘探开发中的应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 61-66.
- [6] 孙宝珊, 丁原辰, 邵兆刚, 等. 声发射法测量古今应力在油田的应用[J]. 地质力学学报, 1996, 2(2): 11-17.
- [7] 丁原辰, 张大伦. 声发射法抹录不净现象在地应力测量中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 1991, 10(4): 331-326.
- [8] 丁原辰. 声发射法古应力测量问题讨论[J]. 地质力学学报, 2000, 6(2): 45-52.
- [9] 张帆, 贺振华, 黄德济, 等. 预测裂隙发育带的构造应力场数值模拟技术[J]. 石油地球物理勘探, 2000, 35(2): 154-163.
- [10] 许才军, 晁定波. 有限元分析中断裂区域单元的划分[J]. 地壳形变与地震, 1997, 17(3): 33-38.

第一作者简介: 刘显太(1962-), 男, 山东寿光人, 胜利油田高级工程师, 从事石油地质科学研究和管理工作, 现为中科院广州地球化学研究所在职博士研究生。地址: 山东省东营市, 胜利油田地质科学研究所, 邮政编码: 257015。

收稿日期: 2003-01-10

(编辑 王孝陵 绘图 付改荣)

#### Finite element simulation of the present ground stress field of Sha-4 Member in the Chun-41 fault block

LIU Xian-tai<sup>1,2</sup>, DAI Jun-sheng<sup>3</sup>, XU Jian-chun<sup>3</sup>, WANG Bi-feng<sup>3</sup> (1. Institute of Guangzhou Geochemistry, CAS, Guangdong 510640, P. R. China; 2. Geological Scientific Research Institute, SLOF, Sinopec, Shandong 257015, P. R. China; 3. University of Petroleum, Shandong 257062, P. R. China)

**Abstract:** Chun-41 fault block of the Liangjialou oil field, whose main oil and gas producing intervals are Sha-4 member, is located in the southwest of the Dongying Sag. The present ground stress has important effect in the exploitation of oil field. The horizontal principal stress orientations were established by core acoustic velocity and well drift statistics; the maximal horizontal principal stresses were measured by acoustic emission and the minimal horizontal principal stresses of key wells were calculated by hydraulic fracturing. Taking ground stress results of key wells as constraint condition, the present ground stress field of Sha-4 member is simulated with elastic plane finite element in this fault block. The results are as follows: the maximal horizontal principal stress is 52-74MPa, and the direction is close to east-west within the fault block and mainly northwest within the faulted zone; minimal horizontal principal stress is 41-52MPa, and the direction is close to south-north in this fault block and mainly northeast within the faulted zone.

**Key words:** present ground stress; elastic plane finite element; numerical simulation; exploitation of oil field; Lingjialou oil field; Dongying Sag

(上接第 125 页)

#### Seismic inversion for granule gravel reservoir

LIU Shu-hui<sup>1,2</sup>, Zhang Fan-chang<sup>3</sup>, YIN Xing-yao<sup>3</sup>, ZHANG Guang-zhi<sup>3</sup> (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, P. R. China; 2. Geological Scientific Research Institute, SLOF, Sinopec, Shandong 257015, P. R. China; 3. University of Petroleum, Shandong 257062, P. R. China)

**Abstract:** The geology situation of project T719 is complicated. Its dominant reservoir is granulate or conglomerate reservoir.

Drilling data indicate that the sands have much difference in their thickness and have rapid change horizontally. For detailed study and prediction of reservoir, impedance inversion is realized in such a way: firstly, build a fine impedance model using neural networks, constrained by well log information; then, adjust this model exquisitely. Finally, an inversion section with broad frequency width can be obtained.

**Key words:** seismic inversion; acoustic impedance; neural network; granule gravel reservoir

# 纯41断块沙四段现今地应力场有限元模拟

作者: [刘显太](#), [戴俊生](#), [徐建春](#), [汪必峰](#)  
作者单位: [刘显太\(中科院广州地球化学研究所;中国石化胜利油田地质科学研究所\)](#), [戴俊生](#), [徐建春](#), [汪必峰\(石油大学, 华东\)](#)  
刊名: [石油勘探与开发](#) [ISTIC](#) [EI](#) [PKU](#)  
英文刊名: [PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT](#)  
年, 卷(期): 2003, 30(3)  
引用次数: 5次

## 参考文献(10条)

1. [俞言祥](#), [许忠怀](#) [地应力信息在改善油田井网布局中的应用](#) 1997(04)
2. [许忠怀](#), [吴宣](#), [齐胜福](#) [北大港油田及邻区现代构造应力场特征](#) 1996(06)
3. [曾联波](#), [田崇鲁](#) [构造应力场与低渗透油田开发](#) 1998(03)
4. [李志明](#), [张金珠](#) [地应力与油气勘探开发](#) 1997
5. [张景和](#), [孙宗顺](#) [地应力、裂缝测试技术在石油勘探开发中的应用](#) 2001
6. [孙宝珊](#), [丁原辰](#), [邵兆刚](#) [声发射法测量古今应力在油田的应用](#)[期刊论文]-[地质力学学报](#) 1996(02)
7. [丁原辰](#), [张大伦](#) [声发射法抹录不净现象在地应力测量中的应用](#) 1991(04)
8. [丁原辰](#) [声发射法古应力测量问题讨论](#)[期刊论文]-[地质力学学报](#) 2000(02)
9. [张帆](#), [贺振华](#), [黄德济](#) [预测裂隙发育带的构造应力场数值模拟技术](#)[期刊论文]-[石油地球物理勘探](#) 2000(02)
10. [许才军](#), [晁定波](#) [有限元分析中断裂区域单元的划分](#) 1997(03)

## 相似文献(0条)

## 引证文献(5条)

1. [邓虎成](#), [周文](#), [姜昊罡](#), [梁峰](#), [黄婷婷](#) [构造变形对现今地应力方向的影响](#)[期刊论文]-[石油钻采工艺](#) 2009(4)
2. [程远方](#), [沈海超](#), [赵益忠](#), [王京印](#), [张建国](#) [复杂断块构造的地应力场研究——以海拉尔盆地贝尔凹陷希3断块为例](#)[期刊论文]-[西安石油大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(5)
3. [谢润成](#), [周文](#), [陶莹](#), [王世泽](#), [姚娟](#), [邓辉](#) [有限元分析方法在现今地应力场模拟中的应用](#)[期刊论文]-[石油钻探技术](#) 2008(2)
4. [王金龙](#) [构造应力场回归分析方法及应用](#)[期刊论文]-[新疆石油地质](#) 2007(5)
5. [刘高波](#), [冯文光](#), [陶晓红](#), [李军](#), [李福军](#), [权德胜](#) [常规测井资料与FMI相结合计算地应力](#)[期刊论文]-[物探化探计算技术](#) 2007(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sykykf200303035.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_sykykf200303035.aspx)

下载时间: 2010年5月31日