

# Study on the Distribution Law of Crustal Stress in Well Wengu 4 Area

Haimo Zhu<sup>1</sup>, Zhuguo Fan<sup>1</sup>, Shanshan Zhu<sup>2</sup>, Miao Li<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Land Resource Engineering of KUST, Kunming Yunnan  
<sup>2</sup>Zhanjiang Branch, CNOOC (China) Co. Ltd., Zhanjiang Guangdong  
Email: 444150575@qq.com

Received: May 16<sup>th</sup>, 2018; accepted: Oct. 10<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 15<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

On the basis of analyzing the parameters of rock elastic wave velocity, Poisson's ratio and density, etc., the law of crustal stress distribution was studied to lay a solid foundation for studying the geological issue and the exploration of oil and gas at the late stage. The Kaiser effect method of rock acoustic emission was used to determine the distribution law of crustal stress in the area; the tested result could not reflect the actual situation of the crustal stress; and therefore logging data were used to establish a stratified model for crustal stress interpretation and obtain a continuous crustal stress distribution law. The method can be used to promptly master the crustal stress distribution law in the area.

## Keywords

Wengu Area, Acoustic Emission Kaiser Effect, Crustal Stress Model, Crustal Stress Distribution Law

---

# 文古4井地区地应力分布规律研究

朱海默<sup>1</sup>, 范柱国<sup>1</sup>, 朱珊珊<sup>2</sup>, 李 森<sup>1</sup>

<sup>1</sup>昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明

<sup>2</sup>中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 广东 湛江

作者简介: 朱海默(1992-), 男, 硕士生, 现主要从事水文地质与工程地质方向的学习、研究工作。

Email: 444150575@qq.com

收稿日期: 2018年5月16日; 录用日期: 2018年10月10日; 发布日期: 2019年2月15日

## 摘 要

在综合分析文古4井地区岩石的弹性波速、泊松比、密度等参数的基础上, 研究地应力的分布规律, 以期能够为地质问题的研究和后期该区的油气勘探开发打下坚实的基础。研究主要选用岩石声发射Kaiser效应法确定该区地应力的分布规律, 但由于试验测定的结果并不能反映地层地应力的真实分布情况, 故利用测井资料, 建立分层地应力解释模型, 来求得连续不间断的地应力分布规律。该方法可以快速准确地掌握研究区地应力分布规律。

## 关键词

文古地区, 声发射Kaiser效应法, 地应力模型, 地应力分布规律

Copyright © 2019 by author(s), Yangtze University 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

## 1. 区域地质概况

文古地区位于东濮凹陷文卫潜山构造。东濮凹陷及邻区地处河南、山东、河北三省交界处, 构造上位于渤海湾盆地南部, 主要包括东濮凹陷、临清坳陷、中牟凹陷、鲁西隆起、内黄隆起等构造单元。区内主要发育寒武系-奥陶系、石炭系-二叠系、三叠系中-下统、侏罗系上统-白垩系、古近系、新近系、第四系7套沉积岩系, 其中古近系和上古生界煤系为主要烃源岩, 并在东濮凹陷发现文留、濮城等新近系油气田和文23等煤成气田。

## 2. 试验步骤

1) 将取自现场的钻井岩心按要求制备试验岩样。每组样品至少包括4个试样, 其中1个取自垂直方向(平行井眼轴线), 另外3个取自水平面内互成45°的3个方向。为了确保测试结果更为准确可靠, 可同时在同一油田区块取几组试样进行试验。为了不破坏岩心, 也可在大岩样上镶嵌四向声波探头。

2) 试验时, 在样品端面与上下垫块间有一个直径25 mm、厚约2 mm的橡胶片, 以减少端面摩擦和机械噪音, 并保证岩样端面与垫块接触良好。保持岩样两端面平行。

3) 根据埋深初步估算地层的上覆岩层压力, 并与岩石单轴抗压强度的70%进行比较。若上覆岩层压

力大于该值, 进行三轴条件下的声发射试验; 若低于该值, 进行单轴声发射试验[1] [2]。

4) 将加工好的试样在室内进行重复加载试验, 测出岩样受载过程中的声发射信号随载荷的变化曲线。

5) 在第 2 次加载声发射载荷变化曲线上, 找出声发射抹录不尽点, 参照该点载荷值, 在第 1 次曲线中确定出 Kaiser 点[3]。

6) 取 Kaiser 点和抹录不尽点载荷的平均值, 即为岩心在地下所受的最大正应力。将测得的 3 个水平方向的正应力值代入计算式, 即可求得岩样在井下所受的最大、最小水平主地应力[4] [5]。上覆地层压力即为垂直方向的 Kaiser 点应力。

### 3. 试验结果

表 1 为通过声发射 Kaiser 试验得到的文古 4 井区块的地应力值。结合地应力分布图和 Kaiser 试验, 确定最大水平主应力方向为 NE45°。

岩心取自文古 4 井 3426.63~3426.70 m 沙河街组三段中亚段, 为褐灰色薄层含盐含灰质泥岩, 模拟地层围压条件, 进行岩样单周轴向载荷破坏测试, 获得三轴抗压强度, 计算弹性模量、泊松比等参数(表 2)。

利用试验测试结果、地层的孔隙压力、上覆岩层压力及岩石的泊松比, 计算了文古 4 井区块的分层构造应力系数, 同时, 结合测井资料和地应力解释软件, 分别计算了文古 4 井和卫 383-FP2 井的岩石力学参数值和地应力值。根据地应力值, 回归出不同井的地应力梯度方程(表 3)。

Table 1. The data of acoustic emission of Well Wengu 4 Area under the confining pressure

表 1. 文古 4 井区块围压下声发射试验测试数据

区块	井深/m	岩性	相对方位/(°)	围压/MPa	最大水平地应力/MPa	最小水平地应力/MPa	上覆岩层压力/MPa
文古 4 井	4571~4572	灰岩	0	10	68.81	54.87	88.56
			45	10			
			90	10			
			垂直	10			

Table 2. The data of rock mechanical parameter test of shale in Well Wengu 4

表 2. 文古 4 井泥页岩岩石力学参数测试结果

组别	围压/MPa	抗压强度/MPa	弹性模量/MPa	泊松比/1	内摩擦角/(°)	黏聚力/Pa
1	0	69.198	11.833	0.252	22.052	17.485
	20	113.245	26.419	0.24		
2	0	78.573	13.11	0.259	12.737	23.547
	20	109.887	26.419	0.24		
3	0	69.397	23.859	0.254	9.256	22.125
	20	97.065	25.28	0.257		
4	0	84.136	16.47	0.27	10.527	38.635
	20	97.474	18.05	0.25		
5	0	66.285	20.546	0.213	12.256	20.03
	20	97.065	26.14	0.23		
6	0	92.26	15.563	0.255	22	63.14
	15	100.3	23.21	0.3		

**Table 3.** The crustal stress gradient equation in Well Wengu 4  
**表 3.** 文古 4 井区块地应力梯度方程

井号	井深/m	梯度方程		
		最大水平地应力	最小水平地应力	上覆岩层压力
卫 383-FP2 井	1750~2250	$\sigma_h = 0.0036H + 31.921$	$\sigma_1 = 0.0066H + 17.755$	$\sigma_v = 0.0232H - 0.1699$
	2250~3120	$\sigma_h = 0.0248H - 7.7335$	$\sigma_1 = 0.0176H - 2.4812$	$\sigma_v = 0.0254H - 5.2803$
	3120~3520	$\sigma_h = 0.0077H + 42.763$	$\sigma_1 = 0.0107H + 18.866$	$\sigma_v = 0.0266H - 8.722$
文古 4 井	1800~2700	$\sigma_h = 0.0196H - 0.5382$	$\sigma_1 = 0.0151H + 0.6381$	$\sigma_v = 0.022H - 2.5431$
	2700~3755	$\sigma_h = 0.0238H - 10.457$	$\sigma_1 = 0.0208H - 8.9743$	$\sigma_v = 0.0237H - 7.3657$
	3755~4600	$\sigma_h = 0.0178H + 6.1173$	$\sigma_1 = 0.0143H + 3.2077$	$\sigma_v = 0.0258 - 15.075$

注:  $\sigma_h$  为最大水平地应力, MPa;  $\sigma_1$  为最小水平地应力, MPa;  $\sigma_v$  为上覆岩层压力, MPa;  $H$  为深度, m。

#### 4. 结语

通过 Kaiser 试验, 计算了文古 4 井区块构造应力系数 0.6304 和 0.3095, 确定了最大水平主应力方向为 NE45°。综合分析该井的数据, 得到了文古 4 井处于正断层地带, 地应力分布为上覆岩层压力 > 最大水平地应力 > 最小水平主应力。

#### 基金项目

国家自然科学基金项目(41564004)。

#### 参考文献

- [1] 黄正均, 张磊, 刘钰, 等. 围压条件下岩石 Kaiser 效应测量地应力试验[J]. 实验室研究与探索, 2018, 37(4): 66-70.
- [2] 李彦兴, 董平川. 利用岩石的 Kaiser 效应测定储层地应力[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 29(1): 2802-2806.
- [3] 张东明, 白鑫, 齐消寒, 等. 含层理岩石的 AE 特征分析及基于 Kaiser 效应的地应力测试研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2016, 35(1): 87-96.
- [4] 陈勉, 张艳, 金衍, 等. 加载速率对不同岩性岩石 Kaiser 效应影响的试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28(1): 2599-2604.
- [5] 万志军, 李学华, 刘长友. 加载速率对岩石声发射活动的影响[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2001, 20(4): 469-471.

[编辑] 孙巍

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

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

期刊邮箱: [jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)