

黄骅坳陷中区应力场及与天然气富集的关系*

杨玉凤 史占楨 王明明 蔺洁

(石油勘探开发科学研究院廊坊分院, 河北廊坊 102801)

应用有限元计算机模拟法, 对渤海湾盆地黄骅坳陷中区沙河街组一段底界的应力场进行了分析, 根据其分布特征、性质及与天然气富集的关系, 认为弱张强剪伴挤压的地应力环境最有利于天然气聚集。渤海湾盆地中的较大气田多与压扭应力环境有关, 主要原因是烃源层内的天然气易于生成、排出且能形成封闭性很好的圈闭。

关键词 渤海湾盆地 黄骅坳陷中区 应力场 天然气富集 有限元法

第一作者简介 杨玉凤 女 29岁 工程师 油气地质

渤海湾盆地是以华北古地台为基础发育起来的中、新生代陆内裂谷盆地。由于新生代西太平洋板块俯冲的作用, 而产生了以区域性拉张及右旋剪切为主的构造应力背景, 板块俯冲、裂陷活动的多级次性, 导致了渤海湾盆地复杂的构造应力环境。盆地内的黄骅坳陷中区是北东东向与北北东向构造体系转换的枢纽地带, 其中的板桥构造带是渤海湾盆地中已探明最富天然气的构造带之一。

1 应力场特征

根据断层线把整个工区划分为若干个区域, 在每个区域中随机选取一些采样点, 按照一定的规则, 把所采样点连成三角形网格; 采用完全5次协调元进行有限元计算, 得到每个采样点的应力矢量。在一个区域中, 把已选取的采样点作为节点, 生成有限个三角形网格单元, 由虎克定律和单元内插值公式, 形成一个整体平衡方程^[1], 然后进行约束处理, 求得每个节点的自由度分量。通过有限元求解, 即可求得每点的最大主应力、最小主应力及最大主应力方向。

黄骅坳陷中区构造十分复杂, 与其相伴的应力场也较复杂。应力场的计算结果(图1)表明: 全区主要受北西-南东向的主张应力控制, 所形成的张性断层应为北东向。从弹性力学的角度看, 断层的形成是一个能量释放的过程, 北东向的断层体现了与之垂直方向上的能量释放, 表现出北西向最大主张应力方向。另一方面, 北大港断层、大张坨断层和板桥断层体现了局部主应力的方向, 而三级断层反映了更小范围内的能量释放情况。

根据应力的分布特征, 可将整个黄骅中区划分为3个应力区, 它们分别是:

I区: 分布于黄骅中区歧北凹陷以北的地区。该区主压应力方向为南西-北东向, 相应的主张应力方向为北西-南东向, 形成了一系列挤压背斜及北东向为主的张性正断层, 但局部构

* “八五”国家重点科技攻关项目(85-102-08-01)中的部分成果。

收稿日期: 1996-02-01 改回日期: 1996-06-03

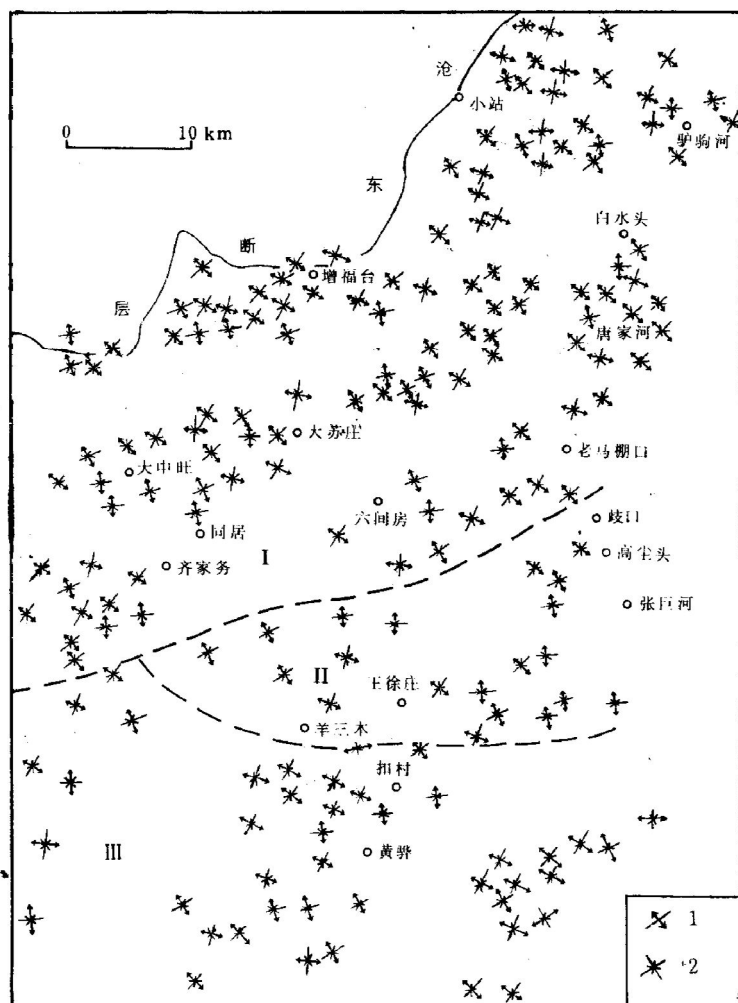


图1 黄骅坳陷中区沙河街组一段底界应力场分布图

1—最小主应力相对大小及方向；2—最大主应力相对大小及方向

造应力的方向有一定变化,说明有剪切作用存在。导致了该区不仅有升降变化,而且伴随着扭动过程,如大张坨断层即具典型的剪切特征。

Ⅱ区:主要分布于黄骅坳陷中区中东部的王徐庄-张巨河一带。该区的主张应力方向仍为北西-南东向,所以主断层总体方向为北东向,但剪切作用较Ⅰ区弱。断层面发生的强烈而有规律的弯曲是两组断层组合的结果,挤压构造特征不明显。

Ⅲ区:主要分布于坳陷中区西南部的黄骅-扣村一带,其主张应力方向由Ⅰ、Ⅱ区的北西-南东向转为南北向,形成了主向为东西向的一系列二级断层,但断层仍不失扭动性,控制了该区的构造格局。其剪切作用的强度界于Ⅰ区和Ⅱ区之间,同时有挤压现象存在且强度亦界于前二者之间。

2 天然气藏的分布

黄骅坳陷中区的天然气藏主要分布于第Ⅰ应力区,南部的北大港构造带主要分布有上第三系的浅层次生气藏,北部的板桥构造带主要发育沙河

街组一、二段的凝析气藏,是渤海湾盆地最富集天然气的构造带之一。该地带主要为张扭应力背景下的挤压剪切带,主要断裂持续而稳定的发展,从而具备了良好的天然气运移、聚集乃至保存条件,天然气聚集于稳定应力场控制下的大断裂带周围,导致了天然气的大面积稳定分布。

在第Ⅱ、Ⅲ应力区中,扭动作用、挤压作用都较Ⅰ区弱,破坏了油气的运聚保条件,构造的复杂性又导致了天然气藏分布的分散性。

在黄骅坳陷中区,弱张强剪伴挤压(Ⅰ应力区)作用下的较大断裂带附近应是寻找较大气藏的有利地区;而在Ⅱ、Ⅲ应力区的强张弱剪环境下虽也能找到零星分布的油气藏,但意义不是很大。

虽然渤海湾盆地为新生代区域拉张应力背景,但局部地区出现压扭构造应力环境,较显著的地区主要有前述的黄骅坳陷中区,尤其是板桥构造带。辽河坳陷西部凹陷与中央凸起的分界处存在较大型逆断层(图2),这是压扭应力场出现过的最好标志,而这两个凹陷区内,都有储量大于 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的较大型气田。另外,冀中坳陷霸县凹陷的苏桥气田及临清坳陷东濮凹陷的文中气田,在印支~燕山期经历过压扭应力环境,虽然在较大的JZ20-2气田的烃源区

——辽中凹陷还没发现逆断层，但其凹陷中心发育的上拱岩体（图3）必然会造成局部挤压环境。据辽河油田研究成果，辽河东部凹陷的黄于热地区为天然气富集区，也存在压扭应力构造^[2]。

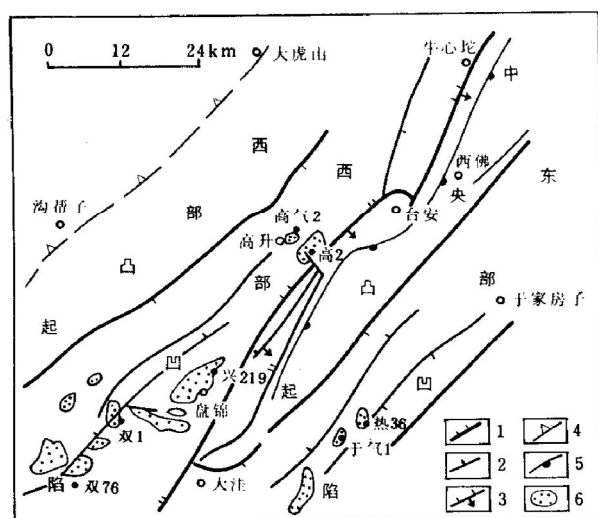


图2 渤海湾盆地辽河拗陷大型逆断层分布图*

1—二级断层；2—三级断层；3—逆断层；4—尖灭；
5—剥蚀；6—气田

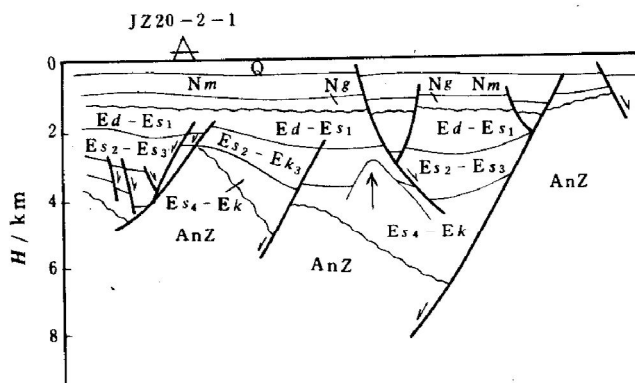


图3 辽西凹陷~辽东凹陷地质横剖面图**

总之，渤海湾盆地较大型气田分布区几乎都有局部压扭应力环境出现过，区域拉张应力背景下的局部压扭应力场有利于天然气的富集具有普遍的意义。

3 机制探讨

剪切-挤压应力环境下的生烃凹陷及构造带有利于天然气富集，分析其原因主要有4条：其一，压扭应力地质环境将压缩、扭曲岩层而使之发生形变，并使孔隙流体额外承压加大，增加了岩层及孔隙内流体的弹性能。这种弹性能既可使烃源层在高温、高压环境下，加速有机质向烃类的转化，也可使微小裂缝发育，从而增加了油气初次运移的驱动力及初次运移的通道，有利于分散烃类（包括初次运移到较致密储层中的烃类）的大规模排出与聚集。其二，地应力不是一成不变或单调地增加、减小，而是时大时小呈现周期性的变化，从而导致微裂缝、喉道等时开时闭，时大时小，孔隙内流体承压也随之变化，使油气运移、聚集的机会随之增加。特别是这种作用还可使被岩层吸附的天然气易于发生脱附作用，也可使部分天然气从饱和烃中析出。其三，局部的压扭应力环境能产生较多的背斜或鼻状构造，提供了烃类聚集的有利场所。其四，压扭应力所形成的断层较少，即使有断层，其封闭性亦优于拉张应力所形成的断层，因此，对于要求封闭条件较高的天然气而言，聚集更为有利。

参 考 文 献

- 1 吕炳全，孙继武．弹性和弹塑性有限元分析在区域构造研究中的应用．上海地质，1992，（4）：1~8
- 2 葛泰生，蒋宝铤，张清等．中国石油地质志（卷三下），辽河油田石油地质志．北京：石油工业出版社，1987.56~90

* 中国石油天然气总公司勘探局．全国油气勘探部署图册．1993

** 肖慕光，史淑苓．渤海海域油气资源评价．1986

RELATIONSHIP BETWEEN STRESS FIELD AND NATURAL GAS ENRICHMENT IN CENTRAL HUANGHUA DEPRESSION

Yang Yufeng Shi Zhanzhen Wang Mingming Lin Jie

(Langfang Branch, Research Institute of Petroleum Exploration &

Development, CNPC, Langfang, Hebei)

Abstract

The stress field of the bottom of the First Member of the Shahejie Formation in the central part of Huanghua Depression in Bohai Bay Basin was analyzed by applying finite element computer simulation. According to its distribution characteristics, its property and the relation between the stress field and gas enrichment, it is suggested that the environment of weak extension and strong shearing stress is favourable for natural gas accumulation. It has been proved that bigger gas fields in the Bohai Bay Basin are almost associated with compresso-shear stress environment. The main cause for this is that the environment is beneficial for natural gas generation and expulsion, and it is also favorable to form good sealing traps.

第五届亚非石油地球化学国际会议消息

第五届亚非地区石油地球化学国际会议(AAAPG)将于1998年在印度尼西亚万隆举行,有意参加者请与会议组委会联系。

组委会主席: Dr. H. L. Ong, Senior Lecturer, Department of Geology Institute Technology Bandung (ITB) and Advisor of Geoservices(Ltd)

Secretariat Office: Geoservices(Ltd.) Jl. Setiabudi 79 - 81, Bandung 40153 - Indonesia

Phone: (22)231. 316 & 432. 306

Fax: (22)231. 198 & 203. 8090

(范璞供稿)