

黄骅坳陷东部构造带新生代构造沉降史分析

王子煜, 漆家福, 陆克政

(石油大学地球科学系, 北京 102200)

摘要: 黄骅坳陷东部构造带包括岐东构造带、白东构造带、新港构造带。新生代构造沉降史的恢复是基于对 3 个井区的回剥分析进行的。构造沉降曲线表明, 黄骅坳陷东部构造带在沙河街组沉积时期快速沉降, 为裂陷时期。东营组沉积时期, 沉降速率减小, 为裂陷-拗陷过渡时期。馆陶组-明化镇组时期, 沉降量明显减小, 为拗陷时期。对 3 个构造带位于同一测线上的 3 口探井的比较表明, 南部岐东构造带的 QK17-2-1 井区新生代构造沉降量最大, 中部白东构造带的 BD1-1 井区构造沉降量次之, 北部新港构造带 GH3-1 井区的构造沉降量最小。盆地构造沉降量的变化趋势基本反映盆地基底的伸张量变化趋势, 两者具有正相关关系。而伸展量的大小与裂陷发育的程度具有正相关关系。

关键词: 黄骅坳陷; 构造沉降; 新生代; 回剥分析

第一作者简介: 王子煜, 男, 28 岁, 讲师, 石油构造地质

中图分类号: TE121.1 文献标识码: A

构造沉降史的研究是盆地热史分析的前提。其原理是利用现存沉积物厚度, 逐层恢复至地表, 并进行压实、古水深和海平面高度变化等方面的校正, 从而获得各地层的原始厚度、盆地的埋藏史和构造沉降史。Watts 和 Ryan^[1]首先提出了回剥的概念, 建立了构造沉降的计算方法。Allen P A 和 Allen J R^[2]在其著作中详细介绍了构造沉降史研究的方法和意义。近年来, 构造沉降史的研究已经成为盆地分析的一种重要方法在盆地构造研究中得到广泛应用。

1 地质概况

黄骅坳陷东部的构造带自南而北为岐东构造带、白东构造带、新港构造带。QK17-2-1 井、BD1-1 井、GH3-1 井分别位于 3 个构造带上。岐东构造带位于海域岐口凹陷南翼断阶带, 白东构造带位于岐口凹陷中心部位, 新港构造带位于岐口凹陷北侧海河断裂带上升盘。研究区新生代发育沙河街组、东营组、馆陶组、明化镇组、平原组。黄骅坳陷新生代的构造具有典型的裂谷特征。裂谷长期继承性发育, 沉积速度快, 沉积厚度大。沙河街组三段沉积了巨厚的深湖相黑灰、褐灰色富含有机质的泥岩、油页岩夹薄层细砂岩、粉砂岩。沙河街组二段粗碎

屑沉积比较发育, 为一套以砂岩、砂砾岩为主夹少量灰色泥岩沉积。沙河街组一段为一套浅湖-半深湖相的灰色泥岩、褐灰色油页岩及生物灰岩、鲕粒灰岩及薄层灰岩。东营组为河流三角洲沉积体系, 砂泥岩互层。馆陶组、明化镇组为巨厚的平原-河流相砾岩、砂岩为主的粗碎屑沉积夹泥岩。第四系平原组为河流沼泽相和冲积平原相砂砾岩沉积。

岐东构造带被 NE 走向的斜列断层和近 EW 走向的断层切割成若干断鼻和断块。该构造受基岩隆起控制, 渐新世以来持续发育。白东构造带为一受滑塌挤压和火成岩上拱双重作用形成的大型复杂断裂构造带, 从两翼向中心节节下掉的地堑为其主要特征。新港构造带为一基岩隆起构造带。

2 构造沉降史反演

2.1 基础资料

进行沉降史分析, 需要以下几个方面的基础资料: (1) 地质分层数据: 有钻井地区根据钻井分层数据, 无钻井区根据地震资料换算; (2) 地层的岩性特征和孔隙度数据: 根据钻井的地质录井资料和测井资料分析; (3) 地层的绝对年龄: 利用黄骅坳陷的同位素地质年龄; (4) 古水深数据: 利用古生物化石等综合分析。在黄骅盆地, 新生代的断陷湖盆水深最大不超过 100 m^[3], 在沉降史分析过程中可以忽略其影响。本次工作所采用的基础数据列于表 1。

表1 黄骅坳陷东部钻井地层划分及砂岩百分含量(A)*

Table1. Stratigraphic division of drilling in the east of Huanghua

Depression and sandstone percentage contents							
地 层	绝对年龄 t/Ma	GH3-1 井		BD1-1 井		QK17-2-1 井	
		Z/m	A/ %	Z/m	A/ %	Z/m	A/ %
平原组	2.0	210	49	240	52	250	48
明化镇组上段 (Nm上)	6.0	855	35	1 179	33	1 120	35
明化镇组下段 (Nm下)	12.0	1 656	37	2 249	31.8	2 312	25
馆陶组 (Ng)	24.6	2 100	47	2 724	41.1	2 900	57
东营组一段 (Ed)	30.3	2 527	43	3 082	69.6	3 365	12
东营组二段 (Ed ₂)	33.0	2 853	27	3 400	33.4	—	0.8
东营组三段 (Ed ₃)	36.0	3 050	32	3 720	39	3 800	8
沙河街组一段 (Es ₁)	36.5	3 450	22	5 000	28	5 100	10
沙河街组二段 (Es ₂)	38.0	3 758	36	6 400	42	5 700	12
沙河街组三段 (Es ₃)	43.0	4 300	7	8 200	16	6 200	15

* 大港油田地质研究院内部资料

2.2 反演方法

2.2.1 计算孔隙度

依据从声波时差曲线上选取的声波时差值计算相应深度的孔隙度。采用下面的时间平均公式^[4]

$$\Phi(z) = \frac{\Delta t_{ma} - \Delta t(z)}{\Delta t_{ma} - \Delta t_w}$$

式中 $\Delta t(z)$ 为实测声波时差值; Δt_{ma} 为岩石骨架声波时差值, 常见岩石分别为: 砂岩为 185 μ s/m, 石灰岩为 161 μ s/m, 白云岩为 145 μ s/m; Δt_w 为孔隙流体的声波时差(经验值为 620 μ s/m)。

2.2.2 孔隙度-深度关系

在正常情况下, 孔隙度对深度的关系符合如下数学模型

$$\Phi(z) = \Phi_0 e^{-cz}$$

式中 $\Phi(z)$ 为某一地层在 z 深度的孔隙度, Φ_0 为该地层的原始孔隙度, z 为该地层的埋藏深度, c 为该地层的压实系数。利用上式, 可以回归出某一地层的压实系数和原始孔隙度。对黄骅盆地的不同岩性地层的回归结果如下

$$\Phi_m(z) = 50.8 e^{0.0005z}$$

$$\Phi_s(z) = 38.45 e^{0.0004z}$$

式中 $\Phi_m(z)$ 、 $\Phi_s(z)$ 为泥岩和砂岩在 z 深度上的孔隙度值, 单位为 %。深度 z 的单位是 m。

2.2.3 计算古厚度和古埋深

利用以上的孔隙度对深度的关系式, 假设压实前后地层的骨架厚度不变, 对选取的某一地层, 逐

层进行回剥。公式如下:

$$\int_{z_1}^{z_2} (1 - \Phi(z)) dz = \int_{z_1'}^{z_2'} (1 - \Phi(z)) dz$$

式中 $\Phi(z)$ 为孔隙度对深度的函数; z_1, z_2 为在某地质历史时期地层的顶界和底界深度; z_1', z_2' 为在另一地质历史时期地层的顶界和底界深度。利用该式进行牛顿迭代, 即可求出地层在不同地质时期顶底界深度, 即埋藏史。顶底界深度之差即地层的古厚度。

2.2.4 计算盆地构造沉降量

盆地构造沉降量的计算公式如下:

$$S_{TT}(t) = \frac{H_s(t) [(\rho_m - \rho_{ma}) - (\rho_w + \rho_{ma}) \Phi_0 e^{-cz}]}{\rho_m - \rho_w} + H_w$$

式中 $S_{TT}(t)$ 为 t 时期盆地基底构造沉降量; $H_s(t)$ 为 t 时期沉积物古厚度; ρ_m 为地幔密度; ρ_{ma} 为岩石骨架密度; Φ_0 为沉积物原始孔隙度; c 为压实常数; z 为深度; ρ_w 为水的密度; H_w 为古水深。其中古水深及古海平面变化可由地层中的生物群落、岩性、岩相以及地质时间等资料推测确定, 当对于陆相盆地或大陆边缘盆地在古水深变化不大时, 可忽略这两种变化的影响。

3 结果分析

3.1 构造沉降与盆地演化

根据上述计算方法, 利用已有的软件进行回剥, 得到各井区的构造沉降量和总沉降量曲线图(图1)。黄骅盆地东部构造带的构造沉降曲线具

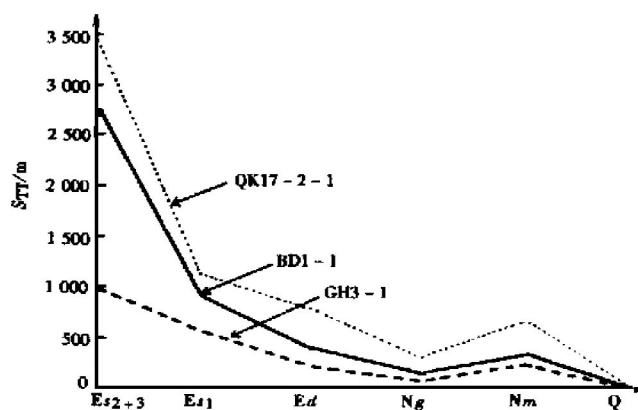


图1 研究区三口钻井不同时期构造沉降量比较

Fig. 1 Comparison of tectonic subsidence amounts in different times in three wells of study area

有典型的裂陷-坳陷盆地的变化趋势。沙河街组构造沉降速率比较大, 曲线斜率大, 沉降迅速, 处于盆地的裂陷阶段; 东营组沉降曲线斜率变小, 沉降速率小, 为裂陷-坳陷过渡期; 馆陶组-明化镇组, 盆地

进入坳陷期, 以热沉降为主。

3.2 构造沉降与盆地伸展机制

从构造沉降量的计算结果分析, 岐东构造带的 QK17-2-1 井区构造沉降量最大, 白东构造带的 BD1-1 井区构造沉降量次之, 新港构造带 GH3-1 井区构造沉降量最小。根据对黄骅盆地区构造沉降量和盆地伸展量的相关性分析(图2), 两者具有正相关关系。构造沉降量的变化趋势间接反映了3个构造带在同一地质时期的伸展量是不均匀的。物理模拟实验的结果表明黄骅盆地在新生代的伸展方向为南北向, 南侧为主动伸展。构造沉降量的变化趋势与上述模拟结果是吻合的。

3.3 构造沉降与断层的发育程度

构造沉降量和盆地的伸展量的变化通过断层的发育程度反映在剖面构造上(图3)。岐东构造

带的 QK17-2-1 井区构造沉降量最大, 断层也最发育, 断层的累计水平断距也最大; 新港构造带 GH3-1 井区构造沉降量最小, 断层也最不发育, 断层的累计水平断距也最小。以上分析表明盆地构造的发育在剖面和平面上是统一的。

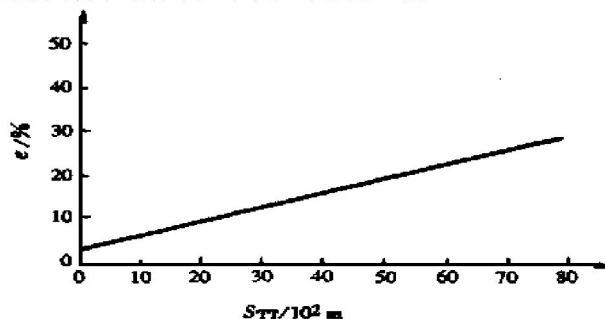


图2 大港东部构造沉降量 S_{TT} 与相对伸展率 e 的关系^[3]

Fig. 2 Relationship between tectonic subsidence amount S_{TT} and correspondent extending rate e in east of Dagang

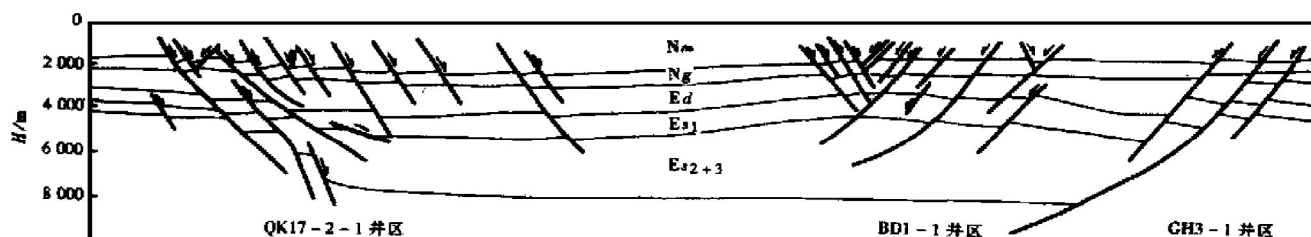


图3 大港东部穿越 QK17-2-1 井区、BD1-1 井区、GH3-1 井区构造剖面图

Fig. 3 Tectonic profile across QK17-2-1, BD1-1 and GH3-1 well districts in the east of Dagang

3.4 构造沉降与油气成藏

构造沉降速率大的地质时期盆地的埋藏速度快, 有利于有机质的快速成熟而排烃。黄骅盆地沙河街组一段和沙河街组二、三段较大的沉降速率为该时期油气藏的形成创造了有利条件, 这也正是沙河街组成为黄骅盆地主要的油气勘探目的层的重要原因。

感谢大港油田地质研究中心的李淑恩高级工程师和石油大学(北京)的周建勋副教授和杨桥副

教授提供的帮助。

参 考 文 献

- 1 Watts A B, Ryan W B F. Flexure of the lithosphere and continental margin basins[J]. Tectonophysics, 1976, 36: 25~ 44
- 2 Allen P A, Allen J R. Basin analysis principles and applications [M]. London: Blackwell Scientific Press, 1990. 451
- 3 陆克政, 漆家福. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 146~ 164
- 4 雍世和, 张超谟. 测井数字处理与综合解释[M]. 山东: 石油大学出版社, 1996. 123~ 124

ANALYSIS OF CENOZOIC TECTONIC SUBSIDENCE HISTORY OF THE EAST TECTONIC BELTS IN HUANGHUA DEPRESSION

Wang Ziyu Qi Jiafu Lu Kezheng
(Department of Geosciences, Petroleum University, Beijing)

Abstract: The east tectonic belt of Huanghua Depression includes Qidong, Baidong and Xingang tectonic belts. The
(下转第 167 页)

是两排构造带归并的结点, 是两段汇烃脊的连接点, 该结点以西汇烃脊为塔中 10 号构造带, 即北部构造带, 结点以东, 汇烃脊为中央主垒带。反过来说, 油气主要沿汇烃脊发生大流量运移。塔中 10, 塔中 20, 塔中 4, 塔中 6, 塔中 1 等圈闭构造均位于这一汇烃脊或油气运移路径上, 是油气聚集成藏的关键所在。

3 结论及建议

(1) 塔中地区 C_{III}油组圈闭形成期及中-上奥陶统烃源的二次埋藏造成的二次生排烃大致在海西

晚期及其以后, 因此油气成藏应在晚海西期及其以后。

(2) 塔中 1 号断裂, T_g³ 不整合面, 东河砂岩输导层及三级构造带的空间组合方式对油气运移起重要作用。塔中 10 构造带-塔中高垒带中-东段是油气运移流量较高的汇烃脊, 地处汇烃脊的圈闭构造有利于油气聚集成藏。

(3) 建议在汇烃脊或油气运移路径上, 进一步开展圈闭识别及评价工作, 挖掘 C_{III}油组的勘探潜力; 在塔中 1 号断裂构造带开展古构造或下古生界内幕构造研究, 加强下古生界原生油气藏的勘探。

POOL - FORMING CHARACTERS OF C_{III} OIL-BEARING GROUP IN CENTRAL TARIM REGION

Sun Dejun¹ Zhang Shaochen² Liu Wenlong¹ Zhang Xiaodong¹

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Daqing Petroleum Institute, Anda, Heilongjiang)

Abstract: C_{III} oil gas-bearing group is the principal pay bed in Central Tarim Basin. It is composed of Donghe sandstone as reservoir rock and shale of Bachu Formation as sealing bed. The regional unconformity originated in earlier Hercynian tectonic movement did not only destroy the hydrocarbon pools formed earlier, but also stopped the main source rocks from hydrocarbon generating of Middle-Upper Ordovician. Since the Late Hercynian, the main source rocks started secondary hydrocarbon generating and expelling, and trap forming stage was the main pool forming stage of the C_{III} group. Multi-tectonic deformation resulted in a series of Carboniferous third-order structural belts of east-west strike and a lot of traps. The spatial arrangement of the third order structural belts formed hydrocarbon confluent ridges. The traps can develop into hydrocarbon pools or not are determined by the location whether the traps are on the ridges or not.

Key Words: C_{III} oil bearing group; trap; hydrocarbon confluent ridge; pool forming; Central Tarim Region

(上接第 129 页)

reconstruction of the Cenozoic subsidence history of the east Huanghua tectonic belt was made by denuded amount analysis of three boreholes in the basin. The tectonic subsidence curves of the wells show that a rapid tectonic subsidence happened in the study area during Shahejie period, suggesting a rifting phase; a slow tectonic subsidence happened during Dongying period, suggesting a transitional phase of rifting-subsiding; Guantao-Minghuazhen period was a subsiding phase. The comparison of the three boreholes of the three tectonic belts situated on the same measuring line indicates that Qidong tectonic belt in the south part has the maximum amount of tectonic subsidence; Baidong tectonic belt in the middle is secondary and Xingang tectonic belt in the north part has the minimum amount. The tectonic subsidence trend reflects the extensional amount trend.

Key Word: Huanghua Depression; tectonic subsidence; Cenozoic; analysis of denudation