

文章编号: 0253-9985(2001)01-0033-05

辽河滩海地区的生排烃数值模拟*

温珍河

(青岛海洋地质研究所, 山东青岛 266071)

摘要: 辽河滩海地区西起葫芦岛, 东至鲅鱼圈连线以北, 沙河街组三段和一段分别为该区的主力烃源岩和储层。根据本区的地质、地球物理及地球化学资料, 参考邻区的部分参数及专家意见, 进行的生、排烃模拟结果表明, 模拟区内主力生烃层为沙河街组三段, 次为沙河街组一二段, 平面上以盖州滩洼陷、海南洼陷和清水洼陷为主要生烃中心, 以海南次洼和锦州 9-3 南次洼为次要生烃中心。模拟区的东部凹陷生油兼生气, 西部凹陷以生油为主, 东营组时期进入生烃高峰。排烃高峰期始于东营组一二期。一直持续至今, 排油中心与生烃中心吻合, 但排气强度略有区别, 东部凹陷的排气强度高于西部凹陷。

关键词: 模拟参数; 生烃; 排烃; 辽河滩海区

作者简介: 温珍河, 男, 37 岁, 副研究员, 石油地质及盆地数值模拟

中图分类号: TE122.1 文献标识码: A

辽河滩海地区为西起葫芦岛, 东至鲅鱼圈连线以北的 5 m 水深内的区域。沙河街组三段为本区的主力烃源岩, 沙河街组一二段为主要储集层。东营组三段在滩海地区为滨湖至浅湖环境, 东部凹陷南部则为大面积半深湖相, 并见浊流沉积。东营组二段为东营组湖泊面积最大的时期, 随着沉降中心由西向东转移, 湖泊中心向东移至东部凹陷南部。东营组一段盆地回返, 西部凹陷湖泊消亡, 形成河流和河泛平原环境。至馆陶组, 湖泊完全消亡, 形成了区域性的河流相沉积。

1 模拟参数

盆地模拟计算结果的可信度, 关键之一取决于有关的模拟参数。本区模拟参数选取, 遵循下述原则: (1) 以本区的地质、地球物理及地球化学资料为主; (2) 部分参考邻区陆上的分析测试数据, 少量数据由专家赋予。

1.1 地史

1.1.1 地层

工区地层主要是第三系和第四系, 从下往上依次是房身泡组、沙河街组四段、三段、一二段、东营组三段、一二段和馆陶组-第四系。房身泡组-沙河街组四段埋藏较深, 资料品质、地层性质不清楚, 不

作模拟层, 余下 5 套模拟地层的底界绝对年龄, 依据前人研究成果^[1]确定: 馆陶组-24.6 Ma; 东营组一二段-33.5 Ma; 东营组三段-36.0 Ma; 沙河街组一二段-38.0 Ma; 沙河街组三段-43.0 Ma。

1.1.2 压实曲线

为了计算沉积地层古厚度, 就需要将地层沿适当的孔隙度-深度曲线向上移动, 将受压实地层的上覆厚度逐渐去掉, 使目的层段脱压实。目前脱压实最常用的方法是“逐层剥皮法”, 其原理就是在沉积埋藏过程中, 假定沉积单元单位面积的骨架体积不变^[2]。具体做法是从地表开始, 逐层剥去上覆沉积单元, 计算每一个沉积单元的未压实厚度, 得到各时期的古厚度。

脱压实的关键在于建立岩石的孔-深关系曲线。实际上任何地层的压实都受到地域、岩性、异常高压、成岩作用和其他因素的影响^[2,3]。因此, 需要研究并采用的是那些适用于一定平面范围, 一定深度范围的孔-深关系。辽河滩海地区是陆地向海的延伸部分, 其孔隙度-深度关系函数应具有陆区类似的特点。笔者将模拟区分成两个孔-深关系区, 分别采用两套曲线来进行地层古厚度的脱压实恢复:

(1) 东部凹陷为: 泥岩 $\Phi_m = 64.258 \times e^{-0.000753H}$, 砂岩 $\Phi_s = 37.8 - 0.0081H$;

(2) 西部凹陷为: 泥岩 $\Phi_m = 57.12 \times e^{-0.000678H}$, 砂岩 $\Phi_s = 37.0 - 0.0069H$ 。

* 国家 863 计划“海上油气资源区域快速综合评价技术”课题 (820-03-03) 提供资助

收稿日期: 2000-04-20

1.1.3 砂岩百分比

使用 1:10 万砂/地比等值图。该套图件由地震速度谱计算获得,并结合现有钻井统计资料进行标定,能保障各模拟点的数据精度。较之采用相标定砂岩百分比的办法,可靠性显著提高。

1.1.4 剥蚀量

地层剥蚀在沉积盆地中是普遍存在的现象,剥蚀量的大小对油气的生成、运移和聚集都产生影响。目前用来恢复地层剥蚀厚度的方法较多,常用的有^[4]:(1)地层对比法;(2)沉积速率法;(3)测井曲线法;(4)镜质体反射率 R_o 法;(5)地震地层学方法;(6)最优化方法;(7)天然气平衡浓度法。相对而言,地震地层学方法用得较多。本区存在东营末、沙河街组三段沉积期末两期剥蚀。采用地震地层学方法,作出各层位的剥蚀量图。

1.1.5 暗色泥岩厚度

模拟区钻井分布不均,没有办法直接作出暗色泥岩百分比图。因此,采用相标定的办法来确定暗色泥岩厚度。第一步将砂地比图转换成泥岩百分比图;第二步是统计 98 口井的暗色泥岩/泥岩的比例,分层标定于 5 个时期的相图上,以某相带钻井

统计的暗色泥岩/泥岩比例平均值作为该相带的标定值。

1.2 热流

最新地热研究成果表明:辽河盆地在地史时期,沙河街组三段沉积时的热流值较高,沙河街组一二段沉积时期热流值有一定程度降低,东营组沉积时期热流值较高,尔后变低^[1]。平面上东部凹陷古地温、古热流演化特点与西部凹陷近似,比较而言,东部凹陷略高,西部凹陷略低。因此在热史恢复^[5]中,笔者按东部凹陷、西部凹陷 2 个热流区来恢复古热流。辽河盆地实测地温求出的大地热流值在 $50.24 \sim 71.18 \text{ mW/m}^2$ 之间,平均值是 62.80 mW/m^2 。

1.3 有机地球化学

1.3.1 产烃率图版

根据工区未成熟样品热模拟实验结果,并与辽河油田先前所做类似资料进行对比,确定适用于滩海区的产烃率图版(图 1)。据该套图版标定的最大产烃率:Ⅰ型干酪根为 55%,Ⅱ_a型干酪根为 45%,Ⅱ_b型干酪根为 33%,Ⅲ型干酪根为 15%。

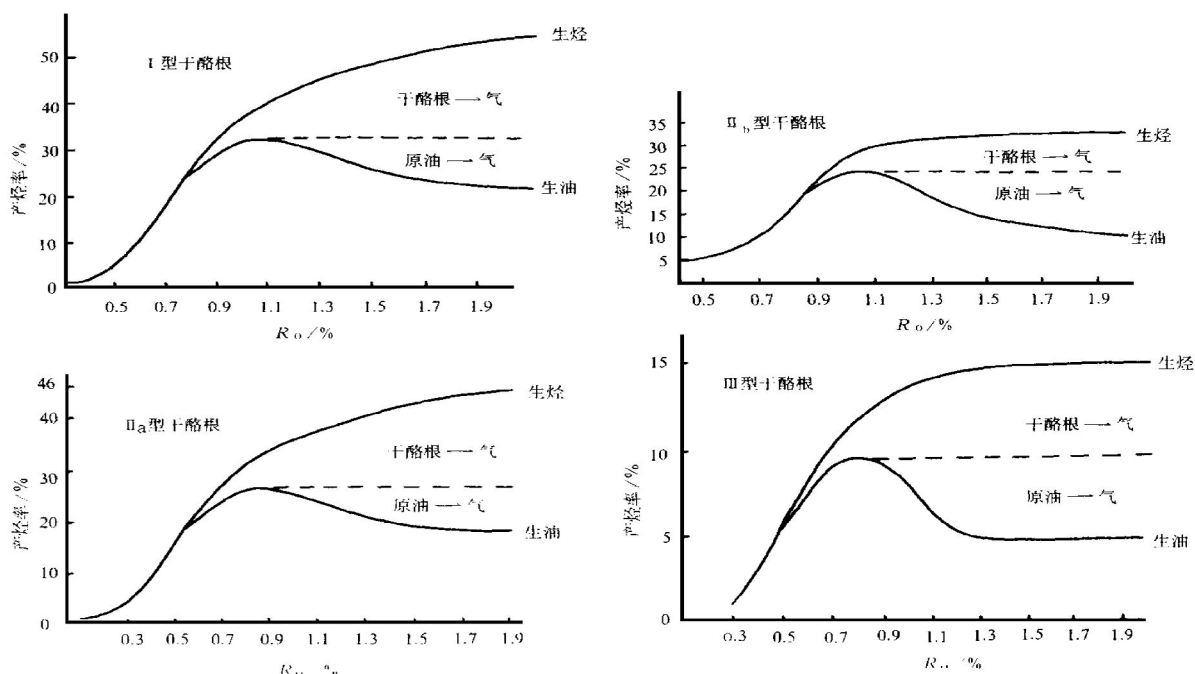


图 1 辽河滩海干酪根产烃率图版(据朴明植资料修改)

Fig. 1 Hydrocarbon-generating ratio of Kerogen in beach of Liaohu oilfield

1.3.2 原始有机碳

钻井实测的有机碳都是经历了地质历史演化后的残留有机碳。在计算盆地生烃时需要的是

原始有机碳数据。因此必须作有机碳恢复。考虑对生烃的贡献,一般 2 000 m 以下才作恢复。根据对滩海工区情况的分析,笔者采用 2 条曲线来分别

恢复东部凹陷和西部凹陷的原始有机碳(图2)。恢复后的数据采用相标定的办法来赋值。

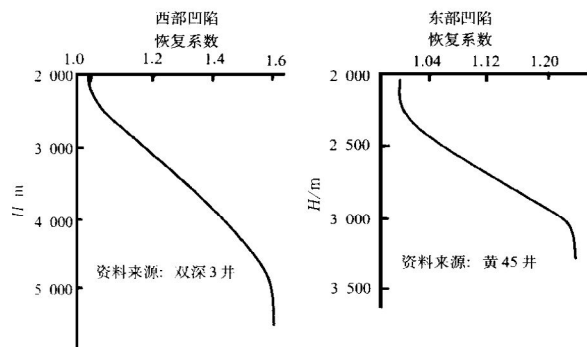


图2 有机碳恢复曲线

Fig. 2 Restored curves of organic carbon

1.3.3 有机碳丰度及干酪根类型

有机碳丰度的取值过程: (1) 选取50口井已有的残余有机碳分析数据, 根据其所处的成熟程度恢复原始值(采用前述恢复系数图版); (2) 各套烃源层有机碳取值, 以相带为单元, 统计各相带内所分析样品的有机碳数据, 求取平均值; (3) 对缺少资料的深层(沙河街组一、二、三段)取值原则是: 选取陆上邻区钻井分析数据, 结合陆上的沉积相图标定赋值, 滩海区同相类比借用。干酪根类型: 选取60口井的干酪根类型指数分析数据, 分别标在5幅地化参数相标定图上, 作为该相带的主要干酪根类型。各类干酪根的类型比例, 原则上应该是隶属不同类型的类型指数样品比, 由于分析数据比较少, 势必影响相标定精度, 因此, 采用分析数据样品比与专家经验相结合的办法来标定各类干酪根的比例。

2 模拟结果

2.1 生烃

(1) 主力生烃层: 模拟区内主要生烃层为沙河街组三段, 累积生烃占总生烃的72.8%; 次要生烃层位为沙河街组一二段, 累积生烃占总生烃量的12.3%; 其余两个层位生烃量小, 东营组三段占7.7%, 东营组一二段占7.2%。

(2) 生烃高峰期: 沙河街组三段在沙河街组一二段沉积时期即开始生烃, 生烃量占沙河街组三段累积生烃量的17.3%; 东营组三段沉积时期略有减少, 生烃量占11.4%; 东营组一二段沉积时期为沙河街组三段的生烃高峰期, 生烃占36.1%; 此后直至现今, 沙河街组三段为持续的生烃高峰期, 生烃占35.2%, 生烃量所占比率均与东营组一二段

沉积时期相当。

次要生烃层沙河街组一二段, 在东营组三期开始生烃, 高峰期 of 馆陶期-现今, 生烃量占其累积生烃量的51.5%。从模拟区各层合计生烃量来看, 沙河街组一二段为开始生烃期, 该期占12.6%; 东营组三期为相对减少期, 占10.3%; 东营组一二段进入了生烃高峰期, 占32.2%; 馆陶期-现今为持续的生烃高峰期, 占44.9%。

(3) 生烃中心及生烃强度: 模拟区内主要油源区为东部凹陷和西部凹陷, 两者生烃量之和合占模拟区总生烃量的93%, 东部凹陷与西部凹陷基本相当。若将生油和生气分别考虑, 两者存在着一定的差别: 东部凹陷的生油量占东部凹陷生烃量的60%, 生气量占40%, 油气比约1.5:1, 表明东部凹陷为一生油、生气凹陷; 西部凹陷的生油量占西部凹陷生烃量的72%, 生气量占28%, 油气比约2.5:1, 表明西部凹陷为一以生油为主的凹陷。

生油强度的变化: 主要生烃层沙河街组三段在一段末期形成了盖州滩洼陷、海南洼陷和清水洼陷3个主要生油中心。此外, 还有规模较小的海南次洼和锦州9-3南次洼两个次要生油中心。此时西部凹陷的生油强度大于东部凹陷, 而且以清水洼陷的生油强度最高。这种格局一直维持到东营末期。东营末期是生油强度增大最迅速的一个时期, 其结果不但使3个主要生油中心的生油强度有较大的提高, 也使两个次要生油中心最终形成。现今, 海南洼陷和清水洼陷两个生油中心已连成一片, 盖州滩洼陷生油中心的范围则进一步向北扩展, 但西部生油强度仍高于东部。

生气强度的变化: 主要生气层位沙河街组三段在沙河街组一段末期已形成了盖州滩洼陷、海南洼陷和清水洼陷3个生气中心, 其中以清水洼陷的生气强度最大。东营末期, 生气强度迅速增加, 生气中心的范围进一步扩大, 其中以盖州滩洼陷表现的最为显著, 模拟区内主要生气中心逐步向东部凹陷迁移, 至现今, 3个生气中心的生气强度趋于平衡, 海南洼陷和清水洼陷基本连成一片。

总的来看, 模拟区内形成了以盖州滩洼陷、海南洼陷和清水洼陷为主的3个生烃中心及以生油为主的海南次洼和锦州9-3南次洼两个次要生烃中心(图3)。其中西部凹陷的生油强度大于东部凹陷, 而生气强度小于东部凹陷, 表明模拟区内东部凹陷生油兼生气, 西部凹陷以生油为主。

锦州 9-3 南次洼的次要排油中心依然存在。不同的是沙河街组一二段排油强度远小于沙河街组三段, 排油中心由东向西转移, 排油强度最大处由盖州滩洼陷迁移至清水洼陷。东部凹陷的排气强度远高于西部凹陷, 东部凹陷是模拟区内的主要排气中心。

(3) 排烃量: 模拟区内的排烃总量中排油占排烃总量的 67%, 排气占 33%。排油与排气之比为 2: 1, 表明模拟区以排油为主, 也有一定强度的排气。

参 考 文 献

- 1 金尚柱. 辽河浅海滩海石油勘探开发研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 91~ 192
- 2 石广仁. 油气盆地数值模拟方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 1~ 72
- 3 李汉林, 赵永军. 石油数学地质[M]. 山东: 石油大学出版社, 1998. 20~ 75
- 4 李伟. 恢复地层剥蚀厚度方法综述[J]. 中国海上油气(地质), 1996, 10(3): 167~ 171
- 5 伊恩·勒奇. 盆地分析的定量方法[M]. 魏增璞, 冷鹏华, 译. 北京: 石油工业出版社, 1996. 42~ 119

NUMERICAL SIMULATION OF HYDROCARBON GENERATION AND EXPULSION IN BEACH OF LIAOHE OILFIELD

Wen Zhenhe

(*Institute of Marine Geology, M. L. R., Qingdao, Shandong*)

Abstract: Liaohe Beach starts from Hulu Island in the west and ends at Boyuquan in the east. The principal hydrocarbon source rocks are Sha-3 member and the reservoir rocks are Sha-1 member. According to the geological, geophysical and geochemical data of the beach area as well as some parameters of its neighbouring area, a simulation of hydrocarbon generation and expulsion was made. The results suggest that the principal source rocks are Sha-3 member, and secondly Sha-1 and Sha-2 members; Gaizhoutan, Hainan and Qiugshui Sags are main hydrocarbon generation centres, and Hainan Subsag and the south of Jinzhou 9-3 Subsag are secondary. It is also suggested that the east sag of the simulated area is mainly oil-bearing type and the west sag is mainly gas-bearing type. Major hydrocarbon generation stage started from Dongying period, the peak period of hydrocarbon expulsion started from Dongying 1~ 2 stages. Hydrocarbon generation centres coincided with hydrocarbon expulsion centres.

Key Words: simulation parameter; hydrocarbon generation; hydrocarbon expulsion; Liaohe Beach

(上接第 32 页)

INTERPRETATION OF INSIDE STRUCTURES FROM PRETERTIARY BASEMENT IN KONGXI BURIED-HILL, HUANGHUA BASIN

Qi Jiafu¹, Yang Chiyin², Zhang Jun¹, Wang Ziyu¹, Li Jianying²

(*1. Petroleum University, Beijing; 2. Dagang Oilfields, Tianjin*)

Abstract: According to the analysis of theoretical model, seismic profile and prospecting well data, the main part of the Kongxi buried-hill consists of 3~ 4 east-dipping listric or ramp-flat thrust faults appearing as thin-skin imbricate-fan structures. The involved beds include mainly Ordovician and Carboniferous-Permian. The thrusts converged and formed a local detachment thrust in Cambrian or Pre-cambrian. The styles of the thrusts changed along the strike of structural belt. The south part of the buried-hill presented triangle thrust belt. According to the geological date of the involved beds, the thrust structure developed after the development of Early-Middle Triassic basin but before the formation of Jurassic-Cretaceous basin and it continued to thrust during Lower-Middle Jurassic. Local structural styles became more complicated due to the stacking of extensional structures and strike-slip structures of Mesozoic.

Key words: thrust structure; structural style; Pretertiary; Kongxi buried-hill