

朱庆国 主编

渤海湾 油气勘探开发工程 技术论文集

(第十四集)

下

中国石油大学出版社

渤海湾油气勘探开发工程 技术论文集

(第十四集)



主 编	朱庆国	
副主编	董贤勇	廖前进
	陈韶生	欧阳隆绪
编 委	岳 晟	杨 柳
	李恩清	秦宝艳
	彭成东	王 影
	李松梅	

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

渤海湾油气勘探开发工程技术论文集. 第14集/朱庆
国主编. —东营: 中国石油大学出版社, 2009. 6
ISBN 978-7-5636-2860-5

I. 渤… II. 朱… III. ①渤海湾—油气勘探—文集②渤
海湾—油田开发—文集 IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 103452 号

书 名: 渤海湾油气勘探开发工程技术论文集(第十四集)(下册)
作 者: 朱庆国

责任编辑: 高 颖 (电话 0532—86981531)

封面设计: 九天设计

出 版 者: 中国石油大学出版社 (山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 东营石大博雅印务有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社 (电话 0532—86981532, 0546—8392791)

开 本: 185×260 印张: 25.375 字数: 600 千字

版 次: 2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 88.00 元(上、下册)

前言

Preface

根据 2008 年 10 月在大连召开的“第十三届渤海浅(滩)海油气勘探开发工程技术研讨会”商定的结果,为提高技术研讨会效果,根据前十三届研讨会取得的经验,山东石油学会海洋勘探开发专业委员会在与各会员单位协商的基础上,结合研讨会主题,下发了技术研讨会征文通知。研讨会主要内容有:

1. 浅(滩)海勘探经验和勘探实例分析;
2. 浅(滩)海油藏开发技术及油气预测方法;
3. 海上复杂结构井钻完井新技术及应用;
4. 海上油气田开发过程中油层保护技术;
5. 海上油井增产技术;
6. 海上采油(气)工艺技术及修井技术;
7. 油水井测试、计量和监控技术的研究应用;
8. 油水井生产工况分析及管理技术的改进应用;
9. 浅(滩)海油气开发配套海工工程设计技术;
10. 浅(滩)海工程与施工装备技术;
11. 浅(滩)海油气生产安全环保方案及措施研究技术;
12. 其他新理论、新技术、新方法和新工艺。

山东石油学会海洋勘探开发专业委员会挂靠单位中国石化胜利油田分公司海洋采油厂及山东石油学会领导对此十分重视,积极组织有关人员专门负责论文征集、修改和汇编工作。为提高论文集的技术权威性、学术参考价值和技术研讨会知名度,海洋勘探开发专业委员会通过多方协调,由中国石油大学出版社正式出版发行该论文集。

《渤海湾油气勘探开发工程技术论文集》(第十四集)共分上、下两册,收录了来自山东石油学会的论文 40 篇,天津石油学会的论文 40 篇,辽宁石油学会的论文 21 篇。论文学科专业涉及范围较广,主要包括油气勘探、油藏描述、钻完井技术、采油工程、油气开发、油田化学、油田监测、海工与地面工程等。

在编写过程中,由于时间紧、工作量大,加之自身知识水平有限,存在问题和不足之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

目录

Contents

第一 油气勘探

- 埕海缓坡区岩性圈闭形成条件与成藏主控因素分析 袁淑琴 董晓伟 于长华 刘爱平(1)
- 辽河滩海海南一月东构造带古生界地层特征研究 陈本文 崔玉哲 陈鸿雁(7)
- 歧口凹陷海域新构造期断裂活动与油气成藏的关系 付立新 冯建国 楼 达 聂国振(12)
- 辽河滩海东部新近系成藏条件及潜力分析 吕晓兰(17)
- 笔架岭构造带油气藏特征及控藏因素 吴兴录 邹丙方 王树昆 崔 琳 王佳林(23)
- 歧口凹陷埕海地区成藏条件分析及勘探效果 于 平 袁淑琴 付立新 段润梅 丁新林 杨 帆 饶 敏(27)
- 大港滩海区天然气藏类型及分布特征 刘玉梅 周育文 刘艳芬 谭守强 刘爱萍(32)
- 歧口凹陷深层天然气勘探潜力分析 王书香 何咏梅 刘庆新 周立英(37)
- 提高深海地震资料信噪比技术研究 于 萍(44)

第二 油藏描述

- 三维地质建模技术在埕海二区的研究与应用 何 川 唐月红 张艳君(52)
- 大港油田复杂油气藏评价一体化技术研究与应用 季 静 宗 杰 杨彩红 邢小霞(60)
- 低渗透裂缝性油藏开发调整方案研究——以马东油田开发调整方案研究为例 左 毅 王湘君 向 赞 宋 辉 董传杰(66)
- 庄海8馆陶组稠油底水油藏改善开发效果研究 李 静 何书梅 贾玉梅 程 立 丁亚军 宋庆茹(72)

第三部分 钻完井技术

- 大位移钻井技术在浅海油田的应用 陆福刚(81)
- 小井眼侧钻技术在大港油田的发展与应用
 赵海军 张高峰 焦海中 罗永庆 周新华(87)
- 庄海 8Nm-H3 井钻井技术研究与实践 于成水 董德仁 王 敏 杨志民(92)
- 海上油田智能完井技术前景展望 孙仲伟 刘 莉(100)
- 水平井快速钻塞完井技术研究 齐月魁 单桂栋 曲庆利 刘长军 王小梅(103)
- 连续油管径向水力喷射射孔技术 胡金铜 郭 群 杨继军 强 华 冉令国(113)
- 用于水平井完井的筛管悬挂器及配套工具
 张东亭 聂上振 黄满良 齐月魁 王晓梅 曲庆利* 刘长军(118)
- 滩海大斜度井快速封层技术研究 聂 锴 张世林 聂 瑄 曾晓辉(125)
- 浅(滩)海丛式井试油工艺的研究应用 张世林 于长录 何新伟(130)

第四部分 采油工程

- 浅海葵东油田油气井集成配套技术研究与应..... 宋雅娟(139)
- 大港滩海地区自喷—电潜泵一体化举升工艺研究与应.....
 郭海涛 赵志民 王宏声 于庆国 李德玲 栗 建(145)
- 海上油井自喷—电泵转换技术 赵树伟(152)
- 液力驱动式螺杆泵的研制与现场试验 翟丽影(155)
- 辽河海上油田 7 in 套管井分采技术研究 孙仲伟(160)
- 埕海油田大斜度井分注工艺技术研究与应用 狄 鹏 杨喜柱 刘柏良(164)
- 辽河滩海大斜度井杆管偏磨研究及对策 周广安(169)
- 防偏磨配套工艺技术在滩海油田大斜度井中的应用 王万军(180)
- 抽油杆柱失稳研究与应用 刘立新 于成泳 王翠霞 袁新龙(184)
- 海上油井安全生产控制技术 徐 爽(190)
- 海上油井井下液控转换开关研制 孙仲伟(194)

第五部分 油气开发

- 大港埕海油田开发配套技术研究及应用
 何书梅 李 静 张艳君 孔令江 赵腊腊 刘安元(197)

段六拨低渗透低流度砂岩油藏合理井距研究及综合调整实践	卢宝荣 王怀忠 赵丕兰 张小朋(206)
辽河滩海地区大位移井压裂技术初探	张子明(214)
大斜度井压裂充填防砂工艺实践研究	谭章龙 李贵川 章桂庭 龙江桥 李 春 王青春(219)
复杂断块油藏改善注水开发效果方案研究优化与配套技术应用	窦守进 文先哲 孙桂玲 顾 晓(225)
深部调剖改善滩海油田注水开发效果的研究探索	王啊丽 李之燕 陈美华 江丽荣(238)
大港油田分注难点技术与试验应用	盖旭波 王文忠 王成芳 刘 扬 王凤祥(244)

第六部分 油田化学

甲酸盐体系钻井完井液的研究与应用	刘 欢(253)
大港油田钻井液滤饼处理技术研究与应用	胡成亮 熊 英(258)
水平井化学堵水配套药剂研究	葛红江 雷齐玲 程 静 杨卫华 梅海滨 刘希君(263)
多功能暂堵液的研制与应用 ... 车连发 陈 明 李贵川 刘俊军 黄华祥 周怀亮(270)	
浅滩海油水井作业过程中防漏失技术的研究	时耀亭 赵云生 高志勇 胡成亮 孟祥农(276)
防水伤害前置液的开发与应用	宿 辉 宋海青 逯学朝 白健华 姜志强 徐振东(285)
复合本源微生物驱试验研究	冯庆贤 梁建春 闫云贵 李 辉(292)
新型淀粉-纤维素基微生物驱营养体系研究	程海鹰 史明义 汪娟娟 柳 敏 滕克孟(300)
保护油气层修井液常见技术误区及解决途径	樊松林 郭元庆 董 军 康伯军 邸宝智 杨立国(310)
KYDGN-01 油井采出液多功能原油处理剂的研制与应用	刘正本 王贺林 孙 军 刘柏良 孙鲜伟 黎文亮(315)

第七部分 油田监测

滩海 MDT 测试存在的问题及对策	陶庆学 张文来 陈 蓉 冀守捍 张秀敏 刘 洋(318)
-------------------------	------------------------------

MCM 电动机状态监测器在电潜泵上的应用	王东升(327)
油藏监测技术在超稠油开发中的应用	孙旭东 欧洲 刘万勇 王国栋(338)
浅海石油开发生物监测技术应用	任庆伟 王 君(346)
浅谈海上采油平台的能耗评估技术	周树凯 刘 宇(351)

海工与地面工程

辽河滩海海南 8 人工岛设计体会	曹苏军 李旭志(355)
海底管道检测技术综述	徐 鹏 沈 闽 任庆伟(363)
大港油田埕海 1-1 人工岛污水处理工艺系统设计优化与应用	王贺林 刘正本 孙 军 刘柏良 任淑珍 聂同建(369)
辽河浅海数字化采油技术研究及探索	崔 彪(375)
大港油田油水井远程在线计量技术研究与应用	项 勇(380)
基于网络的远程监控系统的设计与实现	梁 鹏(391)

第一部分 油气勘探

埕海缓坡区岩性圈闭 形成条件与成藏主控因素分析

袁淑琴^{1,2*} 董晓伟¹ 于长华¹ 刘爱平¹

(1. 大港油田公司勘探开发研究院; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所)

摘 要:勘探实践证实位于歧口凹陷南缘的埕海缓坡区是构造、岩性圈闭发育的有利区带,并且随着勘探进程的深入,岩性圈闭逐渐成为关注重点。本文从埕海缓坡区宏观背景出发,通过对缓坡区岩性圈闭形成条件和成藏主控因素的分析,发现缓坡区的岩性圈闭发育大多与古沟谷存在着密切的关系,同时受构造背景和沉积体系的影响;总结出埕海缓坡带沟谷中不同沉积体系下有利储层的发育特点以及沟谷中不同沉积环境下所产生的不同油气疏导效能,对埕海缓坡带受沟谷发育影响的地层岩性油藏勘探具有一定的指导意义。

关键词:埕海缓坡区 沟谷 沉积体系 骨架砂体 油气疏导

1 引言

目前,岩性油气藏已成为大港油田勘探的重点,而位于歧口生油凹陷邻近的埕海缓坡区(图1)由于在凹陷演化过程中一直处于相对较高的构造位置,并且大型断裂、不整合面发育,成为油气聚集的有利区带。在埕海缓坡区,沟谷是控制后期水系发育的重要地貌单元,无论是物源运输、扇体储层或河道储层发育都与缓坡区沟谷的形成和演化有着密切的关系,但由于埕海缓坡区沟谷发育位置及其所蕴含的油藏类型的特殊性,使得古地貌分析成为埕海缓坡区沟谷研究的重要内容,并且是埕海缓坡区油气成藏研究的基础。徐长贵等在《古地貌分析在渤海古近系储集层预测中的应用》中将沟谷按形状及成因分为5类,并分析了沟谷所生的不同沉积特征。郝志伟等在《凹陷缓坡带沟谷分析及其对油气成藏的影响》中将沟谷按形成原因分为了3类。本文在此基础上专门分析了缓坡区沟谷控砂及沟谷中油气运移效能。

* 作者简介:袁淑琴,女,1964年出生,高级工程师,1984年大学毕业,大港油田专家,现主要从事油气勘探研究工作。

2 岩性圈闭形成条件

侏罗纪中晚期的燕山运动及后续的构造运动在研究区主要表现为整体的升降,挤压或拉张作用不发育。在上述构造背景的影响下,埕海缓坡区发育为一个向北倾斜的继承性平缓斜坡,褶皱和三、四级小断层极少,这就从根本上决定了埕海缓坡区构造圈闭不发育。并且在研究区近 400 km² 的地震解释过程中没有发现一个较大的背斜,构造圈闭的发育情况可见一斑,而缓坡区低部位的埕海 4 井勘探成功表明埕海缓坡区是油气运移的指向区。根据油气藏分布的互补性原理,该区的岩性圈闭极有可能捕获油气而成藏。因此,埕海缓坡区毫无疑问是岩性圈闭形成的有利区带。

古沟谷是在基准面下降期,地表遭受侵蚀形成的残留可容纳空间,一般沿层序界面发育,是沉积物向盆地内搬运与堆积的古低洼区。通常砂质沉积物优先充填在古沟谷,泥质沉积物则以片流或漫流的形式在古沟谷以外沉积。大型沟谷主要发育在长期遭受剥蚀的大型凸起之上,如埕宁隆起。按沟谷的几何形态,埕宁隆起沟谷可分为单断谷、双断谷、下切谷等

3 种类型。这些古沟谷对沉积体系都起着重要的控制作用。

(1) 单断谷。单断谷是沟谷一侧由断层断陷作用产生的缓坡区的沟谷,其特点为沟谷一侧较陡,另一侧较宽缓。

(2) 地堑谷。地堑谷是两侧由断层断陷作用产生的缓坡区沟谷,且沟谷两侧陡峭。

(3) 下切谷。下切谷是在沉积基准面下降期,地表遭受侵蚀形成的沟谷,一般沿层序界面发育,是沉积物向盆地内搬运与堆积的古低洼区。

研究表明,埕宁隆起古近纪时期的沟谷分布对沉积体的展布起明显控制作用,沟扇对应关系良好,大沟对大扇,小沟对小扇,大型边界断层向内拐弯处沟谷发育,规模大、长期侵蚀的沟谷出口处沉积体系继承性发育,储集层发育,侵蚀时间短的小沟谷出口处储集层不发育(图 2)。

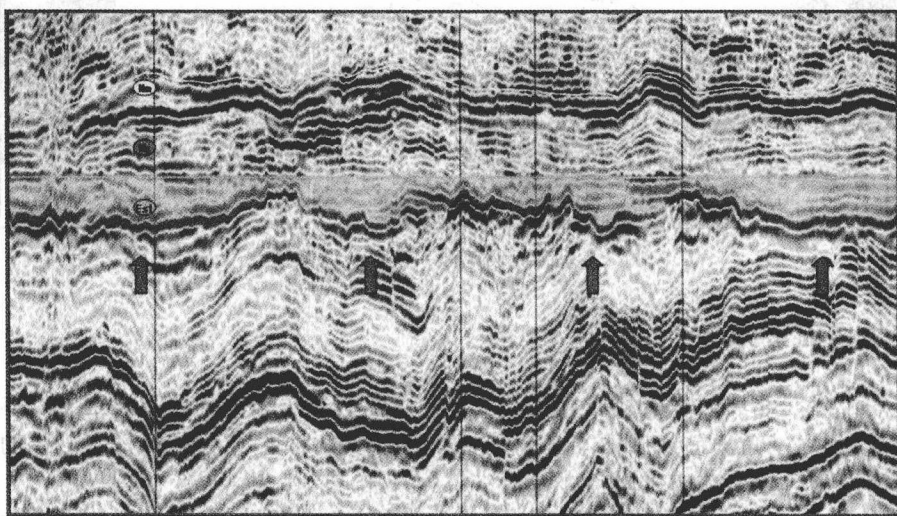


图 2 埕海缓坡区东西向测线

低位体系域是与湖平面快速下降有关的、位于湖泊层序底部的沉积体系集合体。此时湖平面处于较低状态,断陷湖盆的缓坡带大面积出露地表,坡折带及其上部斜坡表现为侵蚀、下切作用,此时在凹陷斜坡带及坡折带均可形成下切谷。表现在地震剖面上,由于沟谷下切,使下伏地层连续性中断,出现反射同相轴突然终止的现象。

缓坡带上发育的下切谷可作为良好的物源通道。同时,依据“沟扇对应”原理,下切谷位置的确定有利于准确寻找沟前扇体。低位体系域的盆地坡折带以下向着盆地方向的沟谷常成为沉积物的卸载区,从而形成沟谷终端的低位扇,形态呈透镜状或倾斜式透镜状。坡折带以上沟谷内砂体向沟谷两侧尖灭,而且常为湖泛期的泥岩所覆盖。此种情况下,若有充分的油源供给,可形成富集油气的岩性油气藏。

2.3 决定岩性圈闭有利发育部位及其特征的因素——沉积体系特征

研究区位于埕宁隆起北坡,北临歧口凹陷,构成一个北东南西向的巨大斜坡。在此背景下沙河街组发育大型辫状河三角洲沉积体系(图 3),这在一定程度上决定了该区的岩性圈闭发育部位和特征。沉积体系预测结果显示,该缓坡区岩性圈闭的最有利发育相带集中在

埕32X1、庄海8井和埕海6井附近。这主要是因为三角洲前缘砂体分选和磨圆程度均较好,具备了良好的储层条件。另外,三角洲前缘砂深入到浅湖甚至半深湖区,湖相泥为其提供了良好的盖层条件。

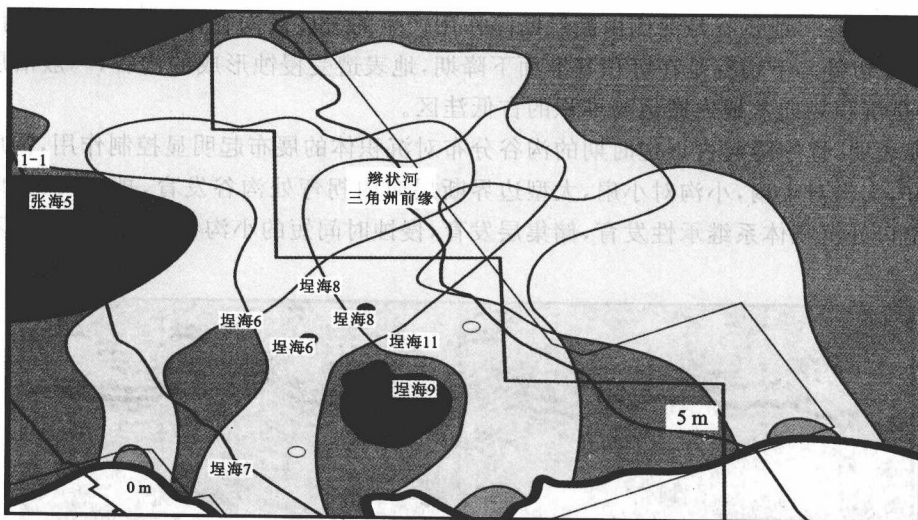


图3 埕海缓坡区沙一段沉积体系图

3 成藏主控因素分析

位于埕宁隆起北坡的平缓斜坡背景下发育的辫状河三角洲沉积体系决定了砂体储集物性的高质量,加之三角洲前缘砂体本身就是非常好的砂体类型,这样就保证了砂体的储集性能。以往的勘探实践也证明该区细砂岩甚至粉砂岩都可以作为良好的储层。

烃源岩研究表明,歧口凹陷古近系地层为该区的主产油层系,其生烃高峰是在新近系至今,只要古近系发育了适当的圈闭就能够聚集成藏。近年来,在沙河街组均发现岩性油气藏,充分证明了缓坡区具备充足的油源。

3.1 输导系统分析

埕海地区油气输导系统主要由砂体、不整合面和断层三要素组成。根据其组合关系,埕海缓坡区油气输导系统主要有砂体—断层复合输导系统类型。在有利的构造背景条件下,砂体—断层复合输导系统由砂体和断层组合而成。埕海6井沙河组油藏的形成过程中,发育小规模断层,这些断层连通了沙河街组的砂体,构成了一种有效的输导系统(图4)。这种输导系统在断裂活动期对油气运移起作用,当断裂停止活动后,断层逐渐封闭,断层作为输导系统的功能也随之消失,起遮挡作用,形成了埕海8井沙河街组油藏。

3.2 成藏动力分析

前期研究结果表明,歧口凹陷生成的油气沿着砂体横向运移,遇到开启的断层后进行垂向运移,遇到有利圈闭后聚集成藏。埕海缓坡区断层断距不大,但连通了的油气顺断层运移至上部石树沟群圈闭中聚集。从原油密度上看,含蜡量具有北高南低的特点;从原油性质上

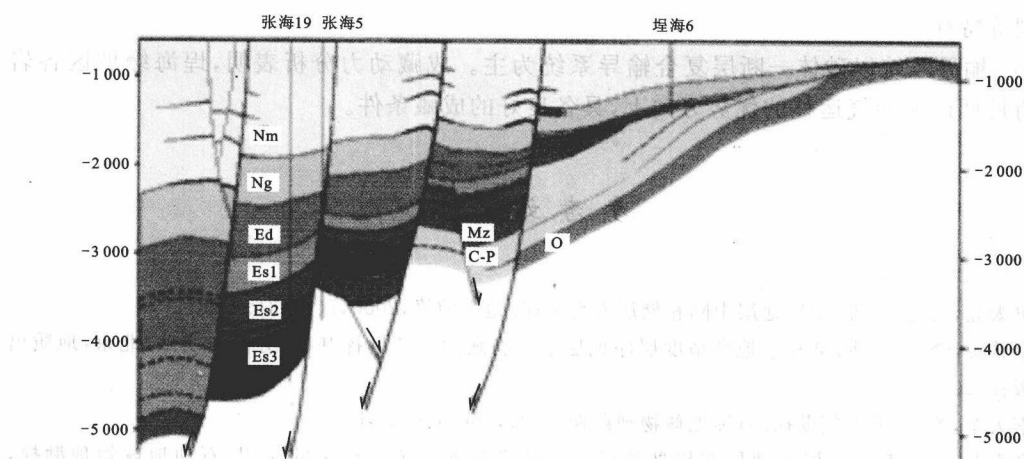


图4 埕海缓坡区油藏模式

看,油气来自北部歧口凹陷。

从埕海缓坡区剩余压力看,北部具有超压特点,南部缓坡区无异常流体压力,这种压差排烃为油气运移提供了动力条件(图5)。说明在明化镇沉积末期,歧口凹陷的生油凹陷已经处在高势区,凹陷内生成的油气沿势能降低的方向爬坡而上,遇到圈闭时就可以聚集。因此,埕海缓坡区的岩性圈闭位于油气的优势运移路径上,极有可能捕获油气而成藏。

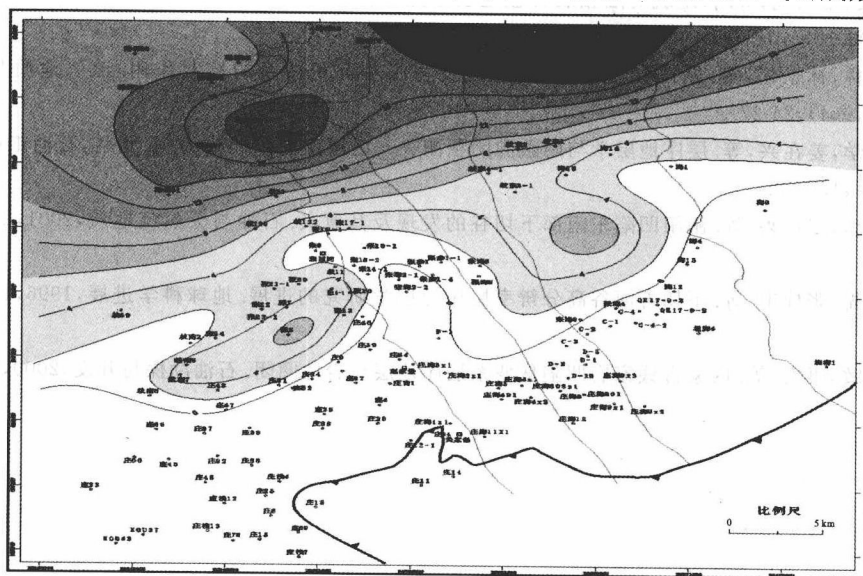


图5 埕海地区沙一段剩余压力分布图

4 结论

- (1) 埕海缓坡区岩性圈闭发育条件明显优于构造圈闭。
- (2) 埕海缓坡区岩性圈闭具有类型少、规模大、储层物性和盖层质量好、受单一沉积因

素控制等特征。

(3) 输导系统以砂体—断层复合输导系统为主。成藏动力分析表明,埕海缓坡区各岩性圈闭长期位于油气运移的优势方向上,具备良好的成藏条件。

参考文献

- [1] 樊太亮,吕延苍,等.层序地层中陆相储层发育规律.地学前缘,2000,7(4):315-321.
- [2] 蔡希源,李思田,等.陆相盆地高精度层序地层学—隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践.北京:地质出版社,2003.
- [3] 李火车,等.斜坡油气勘探.石油地球物理勘探,2001,36(5):602-610.
- [4] 高喜龙,李照庭,等.层序地层在埕岛油田东斜坡隐蔽油气藏勘探中的应用.石油地球物理勘探,2002,37(增刊):210-214.
- [5] 徐长贵,赖维成,等.古地貌分析在渤海古近系储层预测中的应用.石油勘探与开发,2004,31(5):53-56.
- [6] 林畅松,潘元林,等.构造坡折带—断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念.地球科学,2000,25(3):260-266.
- [7] 吴贤顺,樊太亮,等.从古地貌谈层序格架中储层的发育规律.地球学报,2002,23(3):259-262.
- [8] 樊太亮,吕延苍,等.层序地层体制中的陆相储层发育规律.地学前缘,2000,7(4):315-321.
- [9] 邓宏文,王洪亮,等.古地貌对陆相裂谷盆地层序充填特征的控制.石油与天然气地质,2001,22(4):293-303.
- [10] 张建新,林畅松,等.断陷湖盆断裂、古地貌及物源对沉积体系的控制作用.油气地质与采收率,2002,9(4):24-27.
- [11] 陈文学,姜在兴,等.层序地层学与隐蔽圈闭预测——以河南泌阳凹陷为例.北京:石油工业出版社,2001:115-120.
- [12] 鲜本忠,姜在兴,等.泌阳凹陷东南部下切谷的发现及其意义.石油与天然气地质,2001,22(4):304-308.
- [13] 李从先,张桂甲,等.下切古河谷高分辨率层序地层学研究的进展.地球科学进展,1996,11(2):216-219.
- [14] 朱筱敏,康安,等.内蒙古钱家店凹陷侏罗系层序地层与岩性圈闭.石油勘探与开发,2000,27(2):48-52.

辽河滩海海南一月东构造带 古生界地层特征研究

陈本文* 崔玉哲 陈鸿雁

(辽河油田公司科技处)

摘 要:海南一月东构造带为陆上中央凸起向海域的自然延伸,前古近系潜山具有中生界、古生界、太古界三重地质结构,地质历史经历了多期次复杂的构造变动。内幕断层发育,印支期的近东西向断层与燕山期的北东向断层相互切割,形成了潜山东西分带、南北分块的地质特点,而且不同位置地层分布差异性较大。东西差异表现在海南1号断层以东发育古生界地层,以西主要为太古界基底。南北差异表现在海外河、月东高潜山主体为太古界基底,月东和海南潜山之间的过渡区具有(中)古生界/太古界双(三)重地质结构。这种差异性决定了储集性能的不同,勘探潜力的差异。

关键词:古生界 构造运动 断层 构造特征

1 前言

辽河滩海海南一月东构造带位于辽宁省大洼县西南部的浅滩地区,水深0~5 m,是陆上中央凸起向渤海海域的自然延伸部分。构造带东西两侧分别是滩海的主力生烃洼陷盖州滩洼陷和海南洼陷,北部和西北部与陆上双南油田和海外河油田相接,南部与锦州9-3油田毗邻。根据钻井、测井等资料分析辽河滩海中部探区潜山具有中生界、古生界、太古界三重结构,多期次的构造运动决定了古生界潜山地层分布的差异性。

2 古生界顶构造特征

古生代沉积时期,受古地貌的控制,在古中央凸起的沟谷中沉积了部分的古生界地层。古生界顶面构造形态与太古界具有一定的相似性,但由于受到多期构造运动的改造,潜山构造格局进一步复杂化,在潜山的斜坡或沟谷部位发育了一些反向和正向的断层。潜山具有东西分带、南北分块的特征,其东部低台阶构造相对简单,呈一东倾的单斜构造;西侧为高台阶山,其间发育有断块、断阶山和古地貌山等多种圈闭类型。潜山的轴向则由南部古生界最高点向北部古生界地层逐渐消失。

* 作者简介:陈本文,男,1966年出生,高级工程师,1989年7月毕业于西南石油学院采油工程专业,现从事油田科技管理工作。

3 古生界地层发育特征

3.1 岩性电性特征

辽河滩海中部地区有多口钻井钻遇以碳酸盐岩为主的岩石组合,岩性有泥晶灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩和白云岩等,并夹有一定数量的细、粉石英砂岩等碎屑岩,中基性岩脉少量。成分以白云石为主,裂隙发育,部分被方解石充填,滴 HCl 起泡,加热起泡强烈,致密,电阻率曲线特征为微齿化块状高阻,自然电位以箱形为主。推测其形成环境为滨、浅海相。

综合多井揭露的地层情况对该套地层的垂向序列进行推断(图 1),自上而下可分为 5 个岩性段。

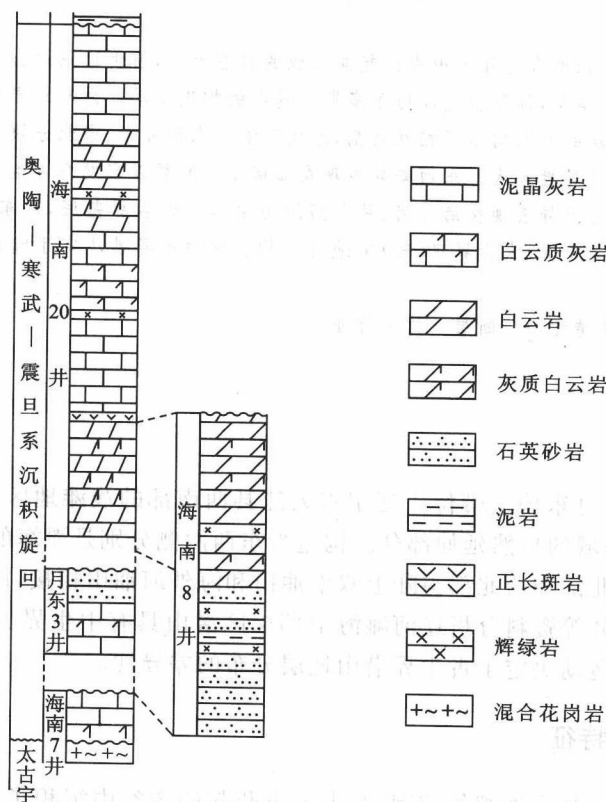


图 1 滩海中部海南—月东地区岩性序列图

岩性段①:为泥晶灰岩夹白云质灰岩。泥晶灰岩致密、均一,中厚层状。局部内碎屑较发育,含量 20%~28%,内碎屑粒径 3~8 mm,棱角状,灰质成分。其成因可能为潮坪和浅水潮沟两侧的重力坍塌物质,且未经搬运,或者是被波浪击碎的原地沉积物,后来被第二次涨潮时带来的沉积物淹埋所致。

岩性段②:为粉晶灰质白云岩与白云岩互层。岩石中至薄层状,粉晶质白云石,结晶完整,粒径约 0.03~0.06 mm,有雾心结构。藻纹层、藻球(团)粒发育。藻球粒由丝状藻缠绕而成,略具同心圆状,粒径 0.05~0.1 mm,接触式排列。这些具有藻类生长的结构特征,指

示该岩层形成于潮间带至潮上带环境。

岩性段③:为泥晶灰岩夹白云质灰岩。泥晶灰岩中,内碎屑和陆源碎屑发育。陆源碎屑含量5%~9%,粉粒级,呈次棱角一次磨圆状。内碎屑含量20%,棱角状,灰质成分。白云质灰岩位于2 048~2 060 m井段,白云石含量25%~40%,呈团块状,分布不均一。

岩性段④:为泥晶白云岩夹灰质白云岩。岩性特征与岩性段①相近。方解石、硅质少量,在硅质较富集的局部层段可形成硅质白云岩。藻纹层比较发育,呈微波状或不规则状,沿层面顺层分布。该段可能为准同生期不完全白云岩化作用所致,因而有一部分未被白云岩化的灰质呈斑块状残留于白云岩中。

岩性段⑤:为石英砂岩与泥晶灰岩夹白云质灰岩互层。石英砂岩粒级为细粒—粉粒级,颗粒次棱角一次磨圆状,胶结物为钙质和泥质,含量为8%~13%,为接触式胶结;泥晶灰岩夹白云质灰岩其岩性致密、均一,少量粉晶质白云石呈斑块状分布于泥晶灰岩中。

藻纹层主要发育在岩性段①和③中,岩性段②和④内碎屑较发育,从藻纹层发育到内碎屑发育,表明当时气候温暖湿润,有利于碳酸盐和藻类的生成,沉积环境周期性变浅,冲刷作用加强,为浅滩和潮间带沉积。根据内碎屑含量的变化情况,可将岩性段①和②划为一个沉积旋回,岩性段③和④划为另一个沉积旋回。潮沟下切加强,两侧形成坍塌,内碎屑则发育。每一旋回内碎屑向上有所增加,显示水动力作用向上增强,海水变浅。

3.2 地震反射特征

从地震波的传播速度和岩层的密度分析来看,古生界地层的层速度变化范围在3 490~6 850 m/s之间,岩层密度约2.3~2.9 g/cm³,速度和密度的变化区间远大于太古界地层,因此古生界地层在地震反射上较太古界具有更多层次的阻抗界面,这为在基岩地层中识别古生界地层提供了有利的佐证。

从地震波的振幅强弱、频率变化和同相轴的连续性等特征分析来看,区内古生界上段地层的地震反射总体上为中、弱振幅,中等连续性的地震反射,下段则主要以中、强振幅,中、强连续性地震反射为主,在局部断裂发育带附近地震反射相对杂乱一些。从垂向上的地震反射层次变化来看,古生界反射层次明显要好于太古界和中生界地层,波组特征比较清楚,反射界面相对容易识别。

3.3 地质时代探讨

在地层垂向序列进行重建的基础上,根据地层层序关系、岩性特征和沉积环境等方面的分析,与区域典型剖面进行对比,认为该套地层划归新元古界—寒武系—奥陶系比较适宜。

区域上,华北板块震旦系与寒武—奥陶系之间为整合接触,其间没有大的沉积间断。它们同属于一个构造层系,沉积岩相也相同,均为滨、浅海相。即在晋宁运动之后,海南—月东地区,位于近EW向岫岩隆起的北部燕辽拗陷内,当时这里的海盆正处于扩张、下降状态,在太古界变质岩基底的基础上,接受沉积,因而沉积了震旦系、寒武系、奥陶系地层。新元古界与下古生界可分出4~6个沉积旋回,表明这一时期地壳升降的幅度和速度具有周期性变化,地层具有多旋回、多韵律特点。因此,可以认为华北板块震旦—寒武—奥陶系是一个从碎屑岩至碳酸盐岩的巨大沉积旋回。直至加里东运动期,区域隆起上升,该构造层系上部遭