

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)

上

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)(上册)
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: 18.25 字数: 428 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

第一部分 油气勘探

- 多尺度资料构造解释方法初探——以垦 71 井区为例 邹东波 逢丽民 徐 梅(1)
- 济阳坳陷埕岛东部地区古近纪东营组扇体沉积特征研究 陈珊珊 吴时国 赵 强 亢 鹏(7)
- 埕岛地区断层的发育及其对成藏的影响 时丕同 张 磊 闵飞琼 刘文芳 杜维雷(17)
- 波形地震相分析技术在埕岛东三段储层预测中的应用 刘 刚 石晓光(25)

第二部分 油藏描述

- 曲流河储层单井点砂坝构型详细划分方法研究 ... 林 博 孙焕泉 鹿洪友 高喜龙(30)
- 埕岛油田馆上段储层及其夹层分布特征 焦巧萍(36)
- 埕岛地区油藏数值模拟与剩余油分布研究——以埕岛油田海二管理区馆上段油藏为例 ... 齐陆宁 崔建国 李恩清 刘 芳(42)
- 应用 Petrel 软件建立复杂断裂系统断层模型方法探讨 张海娜 常润峰 许彦群 史 军(55)

第三部分 钻完井技术

- 海上水平井实施中存在问题分析及对策建议 邱文德 王安亮 刘书清 刘洪亮(60)
- 海油陆采大位移水平井钻井技术在桩 147-平 1 井的应用 李 燕 吕兴辉(77)

- 胜利埕岛油田老区调整井油层保护措施分析 黄元俊 邱文德 王安亮 裴盈颖(83)
- 隐形酸完井液在埕岛油田应用的可行性研究 夏玉龙(88)
- 桩西采油厂复杂结构井开发技术及应用 隋清国 尹利国 龚雪锋 田 波(99)

第四部分 采油工程

- 胜利海上油田水源井完井工艺技术应用浅析 朱骏蒙(104)
- 胜利海上油田防砂工艺技术现状及发展理念 刘红兰 李小军 李德忠 申兴哲(111)
- 胜利埕岛油田馆陶组疏松砂岩油藏压裂防砂工艺技术探讨 任云利(117)
- 胜利海上油井结垢问题探讨 张 勇(129)
- 胜利海上油田生产井井下安全阀的结构分析 王 辉(138)
- 井下实时测控分采技术在埕岛油田的应用前景 刘玉国 李常友 迟 鹏 李临华 黄辉才 于昭东(144)

第五部分 油气开发

- 埕岛油田自营区与合作区水平井开发技术对比及认识 周思宏 袁良德(150)
- 埕岛油田老区提液矿场试验研究 张雪梅 聂飞朋 沈 盛 郭林园 曾凡春(155)
- 海上低压老区油井提高单井产能配套工艺技术 周思宏(163)
- 埕岛油田东营组油藏大型压裂增产技术 施明华(167)
- 泡沫流体增产系列技术研究与应用 李兆敏 李宾飞 董贤勇 张新军(175)
- 河口低渗透油藏增注技术研究与应用 李良红 毛 源 毕爱文 宋宝菊(186)

第六部分 海工工程

- 埕岛油田变径桩与非变径桩振动检测研究 路国章 王西岗 谭 勇(192)
- 海洋液压蓄能修井机可行性研究 曹宇光 顾心悱 张士华(201)
- 自升式采油平台升降系统设计 田 凯(206)
- 加速度传感器在平台振动检测中的应用研究 李春光 徐松森(211)
- 埕岛油田海工构筑物安全分析 张衍涛(215)
- 埕岛油田海底管线建设安全问题的思考 刘锦昆(221)
- 滩海陆岸油田进海路结构形式分析 谢振平(228)

第七 地面工程

单螺杆泵特点及其在海油陆采平台的选型·····	邵光帅(232)
对胜利海洋平台油气计量装置的应用探讨·····	卢壮杰(239)
常温分水工艺在胜利海上新北油田的应用·····	卢明刚 朱芳平 乔小刚(245)
CB25F 水源井在海上注水系统中的应用 ·····	关春辉 杨以智(251)
埕岛油田电力系统的发展及其趋势展望·····	王柏森(259)
浅谈海上石油平台应急电源的检验·····	纪现壮(267)
海上自控系统安全评估方法与实践·····	聂炳林(271)
滩海环境下钢质原油储罐腐蚀失效分析·····	范煊辉 朱芳平 张海滨(277)

第一部分 油气勘探

多尺度资料构造解释方法初探 ——以垦 71 井区为例

邹东波* 逢丽民 徐 梅

(胜利油田分公司物探研究院)

摘 要:我国东部地区已发现的几百个油田中,多数属于陆相复杂油气藏类型,经过数十年的高速勘探开发,均已进入隐蔽油气藏勘探开发阶段,且积累了大量的地球物理资料。为了对地下的地质情况有更准确、更合理的认识,需要充分发挥拥有多种地球物理资料的优势,物尽其用,充分发挥各种资料解决不同地质问题的能力,对不同尺度级别的多种资料进行综合解释、分析,提供尽量精确的构造模型、储层展布等信息,满足后续油藏模拟的需要,最终解决剩余油、残余油分布问题。垦 71 试验区为一勘探开发老区,各种基础资料较全,利用高精度三维地震资料、井中地震资料、井资料等进行联合构造解释,提高了解释精度,为老区的深入研究探索出了一条新路。

关键词:高精度地震 井中地震 三维 VSP 测井资料 构造解释

1 引言

垦西油田垦 71 块位于山东省东营市河口区境内,垦西油田垦 24 块的南部,东接垦西油田垦 72 块,西临罗家油田。垦 71 试验区为一勘探开发老区,各种基础资料较全,而且为了进行油藏综合地球物理技术研究又采集了大量的资料。目前研究区具有高精度三维地震资料,多波多分量地震资料,三维 VSP 资料,井间地震资料,三维 AVO 资料,岩石地球物理资料,测井约束反演资料,属性分析资料,以及详细的 146 口井的钻、测、录井资料等。

2 井中地震与高精度三维地震资料联合构造解释

高精度三维地震资料解释的结果能满足一般的需求,但是由于地震资料纵横向分辨率

* 作者简介:邹东波,男,工程师,1993年毕业于西北大学石油及天然气地质专业,现从事地震资料解释及综合研究工作。地址:山东省东营市北一路210号物探研究院桩孤室;邮编:257022;联系电话:(0546)8702761;E-mail:slzdb@mail.slof.com。

的限制,不管采用何种方法,如何精细解释,其结果总是有一个极限。地震资料构造解释的精度取决于三维地震资料的菲涅尔带半径的大小及剖面分辨率的高低^[1-3]。偏移前横向分辨率由第一菲涅尔带的大小来决定。第一菲涅尔带半径为: $r_1 = \frac{v}{2\sqrt{f}} \sqrt{t_0}$,式中, v 为平均速度; t_0 为双程反射时间; f 为地震波主频率。偏移后波长比深度大得多,周期比反射时间长得多,这时,菲涅尔带半径为: $R_0 = \frac{v}{4f}$,这是菲涅尔带半径的极限,即横向分辨率的极限。垦

71 试验区高精度三维地震资料 CDP 面元为 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$,纵向上新近系反射层解释追踪误差小于 1 ms 。理论上可以识别最小面积为 0.00031 km^2 ,幅度大于 1.7 m 的微幅度构造。而在实际地震资料解释过程中,由于受地震资料信噪比、分辨率、合成记录标定、储层变化、解释成图等方面的影响,不可能达到理论的精度,因此实际找到的圈闭往往都是一些较大的圈闭(圈闭面积 0.2 km^2 以上)。

如何突破这个极限尺度呢?我们利用更高精度、更小尺度的井中地震资料与高精度三维地震资料联合构造解释以提高解释精度。对于井间地震资料的分辨率,有关文献已做了详细介绍^[4-6],在此我们充分利用垦 71 试验区的 8 条井间地震资料,把地面地震的解释结果加载到井间地震资料上,可以发现井间地震资料能够刻画更小尺度的断层及微幅度构造。例如,过垦 71-检 41、垦 71-43、垦 71-108 这 3 口井的剖面可以看出,在高精度三维地面地震资料上(图 1 左),新近系各层系产状基本水平,其间也没有断层存在;而从井间地震资料(图 1 右)可以看出,垦 71-检 41 与垦 71-43 之间有一较明显的微幅度构造,在垦 71-43 与垦 71-108 之间 Ng7 层系存在一低序级正断层,通过与井的钻、录、测资料进行综合分析,认为该断层是应该存在的,这就使构造解释精度大大提高了。

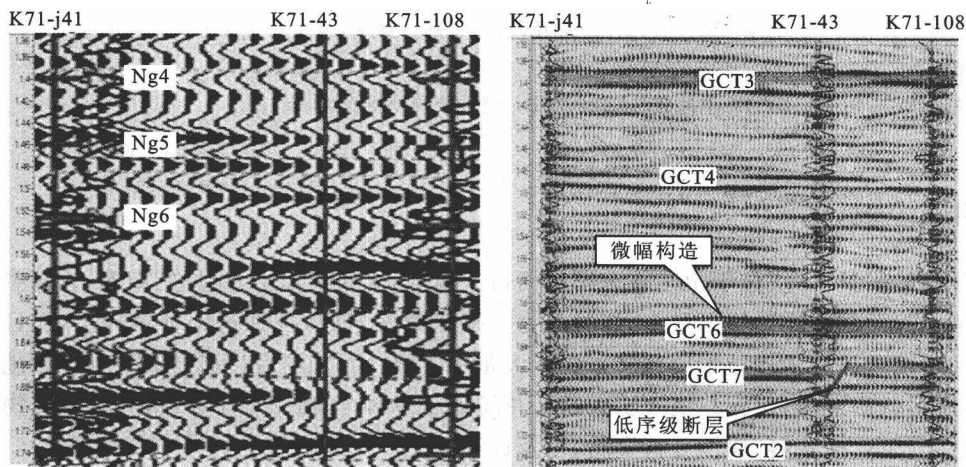


图 1 垦 71 连井剖面(左:高精度地震;右:井间地震)

再如垦 71-77、垦 71-3、垦 71-120 这 3 口井在东营组顶面地面通过地震解释显示有 2 条断层(图 2 右),而井间地震资料显示在其间还存在 1 条断层 A(图 2 左),再返回地面地震结果来看确实有断层的影子,应该多开 1 条断层。通过研究分析发现了落差在 $5 \sim 8 \text{ m}$ 的低序级断层,这使得更小尺度的断层及微幅度构造得以落实。

井间地震资料为二维的、单条线的,在三维空间内解决地质问题的能力有限。垦 71 试

验区和垦 71-检 41 井区的 3D-VSP 资料,其数据为三维数据,可以更好地指导我们进行构造解释。在对 3D-VSP 数据体进行相干处理后,可以看出在三维数据体内断层的空间展布比地面地震显示的更为精细。结合 3D-VSP 资料,在垦 71-检 41 井区新解释 Ed 组断层 2 条,提高了解释的精度。

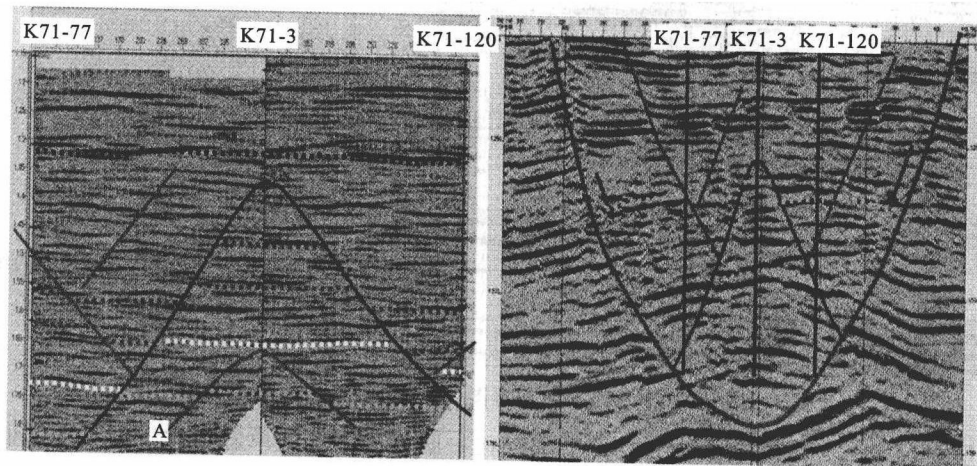


图2 垦 71 连井剖面(左:井间地震;右:高精度地震)

3 地质、测井与高精度三维地震资料联合构造解释

地震资料包括地面地震资料、井中地震资料,它在一定程度上解决了构造解释的问题,但由于地下地质条件复杂,以及采集方式、处理技术、理论发展等各方面的限制,该资料不可能达到钻测井资料的精度。虽然测井资料纵向上精度高,但仅是单井点的信息,如何合理地把地质认识、测井资料和地震资料联合应用以更高的精度解决问题是一个极为重要的问题。

垦 71 试验区已勘探开发 20 余年,现有各类钻井 147 口,地质资料丰富,认识相对新区较为成熟。通过 56 口井合成记录标定转换速度,在地震剖面上加载 147 口井 1 067 条地质分层数据,包括层位数据、钻测井断点数据、油气储层解释数据等,发现该区地震解释与钻井解释存在 4 种情况:① 钻井、地震匹配吻合;② 断点位置与地震剖面上的断层位置有较大差别;③ 有部分断点没有组合断层或断层组合有误;④ 地震解释断层,钻井没有断点。针对这 4 种情况我们对地质-地震资料进行综合研究,钻测井资料和地质资料以及地震资料可以相互验证以提高认识精度。

3.1 钻测井资料指导地震解释

虽然钻测井资料反映的是单井孔的信息,但是在钻测井资料解释时也参考了邻井及其他资料,精度较高。钻测井资料可以指导地震资料的解释。钻测井资料上存在断点,而地震资料上断点不明显,可根据钻测井资料落实地震资料上的断层解释。

例如,从过垦 71-71 井东西向的地震剖面上(图 3)可以看出,该地震测线过垦 71-77、垦 71-59 和垦 71-22 这 3 口井。测井资料在新近系共解释 4 个断点,其中 3 个与地震资料吻合得极好,图 3 上面 3 个小圈标注的即为测井解释断点,也就是图 3 右图中深色且较长的线的

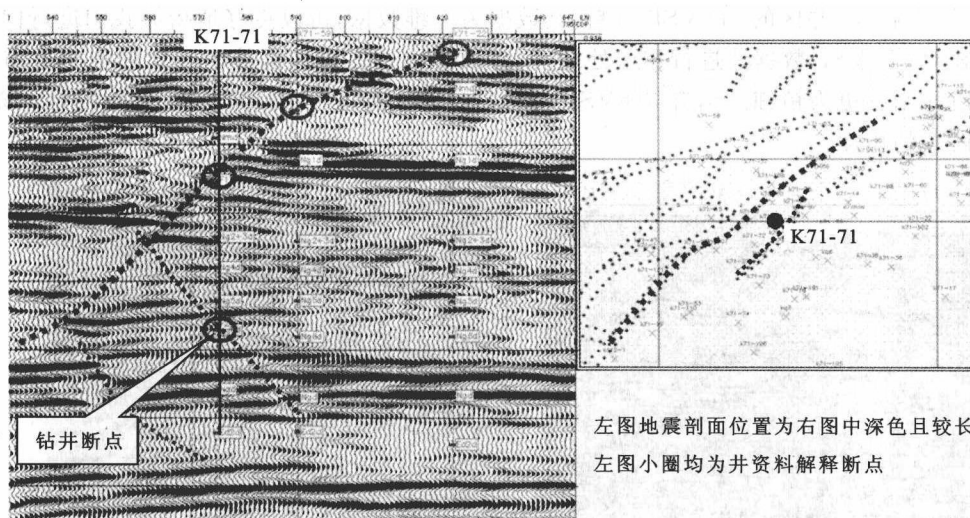


图3 星71-71解释剖面及位置图(左:地震剖面;右:解释底图)

大断层。星71-77钻测井资料在Ng6上部存在一明显的断点。单看地震资料,Ng5和Ng6同相轴较为连续,看不出明显断层(图3左)。通过钻测井资料与高精度地震相结合,发现该块确实应该在Ng5和Ng6附近存在一个延伸距离较短、断距较小的断层。该类断层地震资料断点不清晰,没有钻测井资料的结合较难判断。通过钻测井资料与高精度地震相结合,落实了像星71-71块的小断层7条。

3.2 地震资料指导钻测井解释

同样,钻测井资料虽然精度高,但是它是孤立的点的信息,空间上对比可能存在误差。反过来,可以利用地震资料空间相对合理准确的特点来指导钻测井的解释,最终提高对研究区的认识程度和精度。星71-41井钻井资料初次仅在Ng2³上部划分了一个断点(图4左上小圈标注部位),在Ng5附近没有解释断点(图4左下部小圈标注部位),Ng2³上部断点与地震资料解释断层吻合得很好,但是地震资料在Ng5附近存在另一个断点(图4左下部小圈标注部位),且断点非常清晰。邻井星71-7等井均有该断点,通过对比发现星71-41井少解释一个断点。结合后对井资料进行修正,在星71-41井1503m井段可新解释断点一个,这样就与空间展布匹配得更为合理。

3.3 地质、测井与地震资料联合构造解释

由于星71试验区是勘探开发20多年的老区,在初期研究中,井斜资料收集不全面,造成在精细构造成图时存在部分问题。通过地质、测井与地震资料联合构造解释可以发现并解决部分问题。

在地震资料上,星71-100与星71-65的Ed组顶面反射为一明显的背斜(图5中小圈标注部位),背斜高点位于星71-100西部,星71-100Ed组顶面明显高于星71-65井。通过测井资料的对比发现,Ed组标志明显,但是星71-100井地质分层深于星71-65井(图5左),这与地震资料显示的地震反射特征是矛盾的。从区域地质上进行分析可以看出,星71-100井

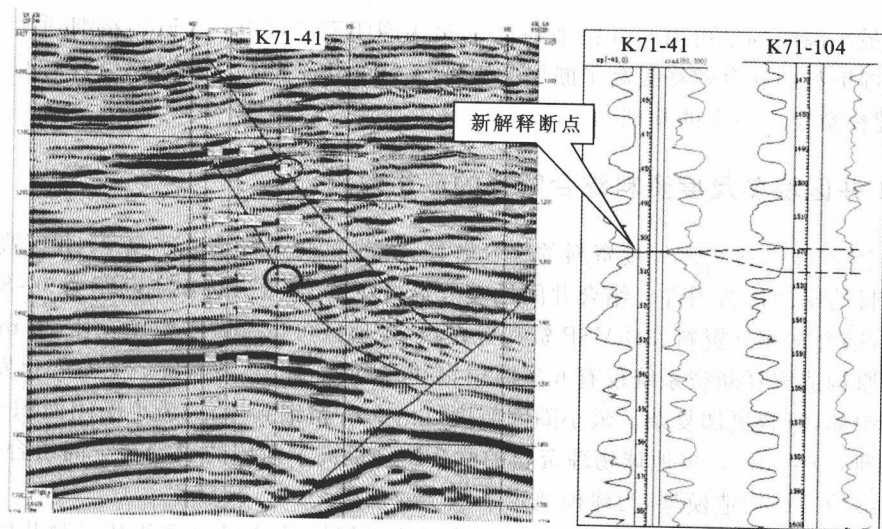


图4 垦71-41地震剖面及测井曲线图(左:地震剖面;右:测井曲线)

区应该为垦西断层上升盘的一个近东西向背斜,认为垦71-100井地质分层偏深。初步怀疑井斜存在问题,落实后发现垦71-100井井斜确实较大,井斜造成地质分层的深度增大,形成了错误的解释。通过地质、测井与地震资料联合构造解释,可使该类问题得以解决。仅利用钻测井资料编绘的Ed组顶面构造图为垦71-65构造高部位,其西部存在一构造低部位,与实际地质认识相矛盾。而从修改后的构造图件可以清楚地看出,垦71-100井区为一近北东向展布的长轴背斜,与该区的油气水关系也是匹配的。根据与钻井资料的地层比对,对100口井168个断点进行了解,并与高精度三维地震解释资料相结合,以达到井震相互验证提高认识的结果。通过地质、测井与地震资料联合构造解释进行了校正,得到了更为精细、合理的构造图件。

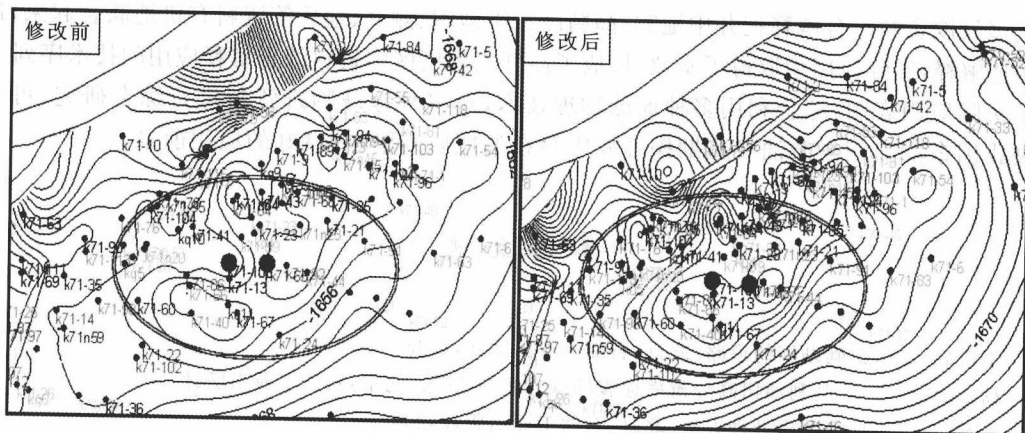


图5 垦71-100地震剖面及测井曲线图(左:测井曲线;右:地震剖面)

结合井间地震等资料在垦71地区可识别断距为5~8 m的低级序断层,结合钻测井资料、3D-VSP资料等在垦71地区可识别圈闭幅度在4~5 m的微幅度构造。原构造解释断裂系统仅有6条断层,新断裂系统有32条断层。主要变化发生在工区西部和中部,断裂更

加复杂。最小圈闭幅度可由 6 m 精细到 4 m,最小圈闭面积可由 0.3 km^2 精细到 0.04 km^2 。多地球物理资料的联合解释提高了断层的识别与空间组合能力,能够建立精细的三维构造模型,为建模奠定了坚实的基础。

4 垦 71 井区块多尺度资料综合解释的应用效果

通过对垦 71 井区块多尺度资料的综合解释,目前我们解释编绘了垦 71 井区高精度三维区主要目的层的构造图件。结合井间地震等资料在垦 71 地区可识别断距为 5~8 m 的低级序断层,结合钻测井资料、3D-VSP 资料等在垦 71 地区可识别圈闭幅度在 4~5 m 的微幅度构造。原构造解释断裂系统仅有 6 条断层,新断裂系统有 32 条断层。主要变化发生在工区西部和中部,断裂更加复杂。最小圈闭幅度可由 6 m 精细到 4 m,最小圈闭面积可由 0.3 km^2 精细到 0.04 km^2 。多地球物理资料的联合解释提高了断层的识别与空间组合能力,能够建立精细的三维构造模型,为建模奠定了坚实的基础。

通过高精度地震资料储层解释,主要是基于地震属性的储层解释和基于测井的约束反演,以及相控理论指导的储层解释,对垦 71 试验区的古近系及新近系储层的展布有了进一步合理的认识,编绘了各小砂层组的相关图件,为储层建模提供了详尽的资料。

通过多尺度资料综合解释扩大了垦 71 试验区的含油气面积,通过垦 71 块东西两翼的扩边勘探,部署了滚动扩边井 3 口,其中垦 72-斜 3 井投产后日产原油 31 t,预计可新增含油面积 1.5 km^2 ,石油地质储量 $160 \times 10^4 \text{ t}$ 。发现了垦 71 西部新的含油气断块,设计钻探的垦 40-3 井,在东二段钻遇油层 26.1 m/6 层,同层 2.9 m/1 层。投产东二段 8 小层 5.2 m/2 层,喜获 30 t 的高产工业油流。预计该块可新增含油面积 0.3 km^2 ,石油地质储量 $45 \times 10^4 \text{ t}$ 。

5 认识与结论

多尺度资料综合解释把井中地震、高精度三维地震、测井、地质等资料有机地联合起来,进行构造解释,实际应用中取得了实效,形成了高开发程度区多资料综合解释应用的技术序列。

实际应用表明,综合利用多种地球物理技术,对多种地球物理资料进行综合研究,可以解决我国东部陆相复杂油气藏勘探开发中存在的地质问题,有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 李庆忠.走向精确勘探的道路.北京:石油工业出版社,1993.
- [2] 杨云岭,韩文功.胜利油田高分辨率地震勘探方法与实践.北京:石油工业出版社,2002.
- [3] 王友新.应用地震数据处理方法.北京:石油工业出版社,2009.
- [4] 朱海龙,李智宏,赵群.井间地震物理模拟研究.地球物理学进展,2008,23(6):1833-1840.
- [5] 孔庆丰,王延光,左建军,等.垦 71 区块井间地震资料处理研究与应用.物探与化探,2008,32(2):175-179.
- [6] 李建华,刘百红,张延庆,等.基于井间地震资料的储层精细描述方法.石油地球物理勘探,2008(1):41-47.

济阳拗陷埕岛东部地区古近纪东营组 扇体沉积特征研究

陈珊珊^{1,2*} 吴时国^{1,3} 赵强^{3,4} 充鹏¹

(1. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院;

2. 中石油大港油田公司勘探开发研究院;

3. 中国科学院海洋研究所; 4. 中国科学院研究生院)

摘要:埕岛油田是我国浅海—极浅海海域的第一个大型油田。该油田东斜坡古近纪东营组油层发育良好,但沉积环境变化较大,对准确进行地层对比和沉积特征分析造成了影响。本文从层序地层学入手,应用测井及三维地震资料对该区的东营组进行了划分对比,综合运用了时间地层对比及岩性地层对比两种方法建立了东斜坡东营组对比格架,并在横向上识别出多种扇体,其中缓坡带主要发育水下冲积扇、缓坡浊积扇和扇三角洲前缘、滑塌浊积扇等,陡坡带则发育近岸水下扇、陡坡浊积扇。由于扇体所处的位置、环境等不同,同期扇体组合又有很大的差异,并在平面上形成规律性强的沟扇组合沉积序列。研究这些扇体的空间展布及其沉积特征对于寻找储层具有重要意义。

关键词:缓扇体 缓坡带 陡坡带 沉积特征

1 引言

埕岛地区是一个四周被生油凹陷环绕的大型潜山披覆构造带,区域构造属于济阳拗陷与渤中拗陷交汇处埕北低凸起的东南部、渤南低凸起的西部。埕岛东部地区位于济阳拗陷北部,与渤中拗陷、郯庐断裂带紧邻(图1)。由于紧邻渤海湾盆地最大的富生油凹陷——渤中凹陷,埕岛东部地区具有形成大中型油气藏的物质基础,在其新近系中已有多口钻井获得高产工业油流,资源潜力较大。

埕岛东部地区有利勘探面积约300 km²,包括埕岛东部斜坡带、埕北断裂带东段及埕北30潜山披覆构造带等3个次级地质构造单元。东营组构造面貌较为简单,向北倾伏的斜坡上发育4条断层,构成了该区主要的构造样式(图1)。东营组自下而上反映了沉积相由湖相、三角洲相向河流相演化的过程,发育了大量的扇体。对于该类岩性油藏,搞清这些扇体的分布与发育是勘探的前提和关键。

* 作者简介:陈珊珊,女,1982年出生,中国石油大学矿产普查与勘探专业硕士,现为大港油田员工,主要从事含油气盆地分析、层序地层学研究。E-mail:yangfan662001@yahoo.com.cn。

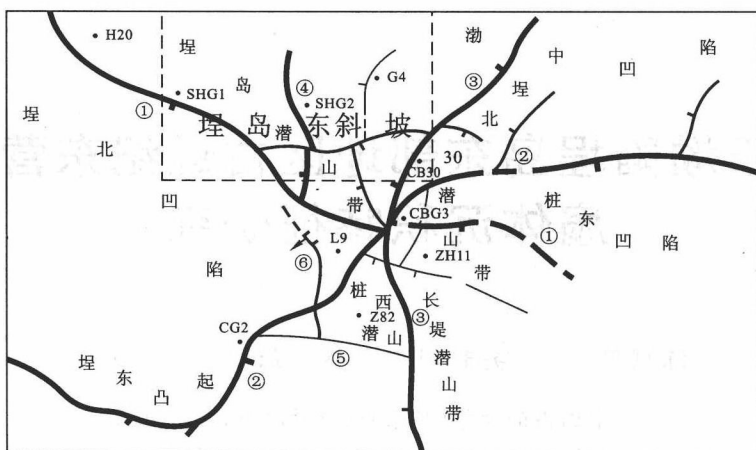


图1 研究区位置图(虚线部分)

① 埕北断层；② 埕东-渤南断层；③ 埕北 30 北-长堤断层；④ 埕北 20 断层；⑤ 桩南断层；⑥ 桩古 29 逆断层

2 层序地层格架与沉积特征

根据高分辨率层序地层学原理,采用井震结合的方法,将东营组长期旋回划分为 4 个中期基准面旋回(即四级层序),这四级旋回代表了湖盆发育—湖盆扩张—湖盆收缩—湖盆填平的过程,自下而上命名为 MS4, MS3, MS2, MS1(图 2)。这 4 个旋回大致发育湖泊相、扇

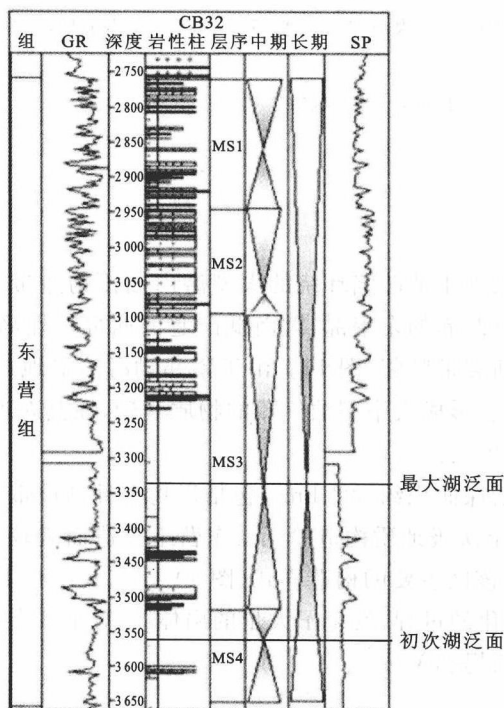


图2 CB32 井层序地层划分

三角洲相、河流相 3 个沉积相。每个层序在地层厚度与展布、主物源方向、沉积体系构成以及储层发育条件等方面均存在明显的差别,构成了不同的层序地层特征。

2.1 层序地层格架

2.1.1 层序 MS4

相当于 V + VI 砂组。MS4 底界面为东营组和沙一段之间的超覆不整合面,地震剖面上表现为明显的上超特征;顶界面在地震剖面上表现为一套浊积砂岩的底部界面。层序不对称特征明显,主要以发育上升半旋回为主,下降半旋回不发育。该层序分布范围相对局限,主要分布在洼陷带及斜坡的下部,厚度一般为 100~200 m,在斜坡带的上部和披覆构造带上往往厚度薄或缺失。

2.1.2 层序 MS3

该层序上升半旋回大致相当于 IV 砂组,下降半旋回大致相当于 III² 砂组。底界面为层序 MS4 的顶界面,顶界面在地震剖面上为一前积反射的顶超面,钻井剖面上为一套典型的进积序列的顶部界面。其内部在地震剖面上发育一下超面。钻测井剖面上表现为退积与进积作用的转换面,为较厚层的深灰色泥岩发育层段,表现为最大洪泛面的特征,是该层序上升与下降半旋回的转换面,也是东营组长期旋回上升与下降半旋回的转换面。上升半旋回以发育深灰色泥岩夹砂岩、砾质砂岩为特征;下降半旋回下部主要为厚层暗色泥岩发育段,上部在研究区南部以发育扇三角洲砂岩、砾质砂岩与灰绿色泥岩互层为主,在研究区北部主要为暗色泥岩夹砂岩、砾质砂岩。该层序分布范围较下部已明显扩大,上升期除披覆构造主体外,研究区大部分地区已接受沉积;下降期沉积范围已覆盖整个研究区,厚度一般为 200~400 m。

2.1.3 层序 MS2

该层序大致相当于 III¹ 砂组。底界面为 S3 层序顶界的顶超面,在近凹陷中心部位表现为上超面;顶界面在地震剖面上也表现为顶超面特征,在钻井剖面上表现为一套辫状三角洲厚层砂岩、含砾砂岩由进积、加积到退积的地层叠加样式的转换位置。该层序不对称特征明显,在凹陷边缘位置只发育有下降半旋回,为典型的进积—加积的三角洲前缘砂岩、砾质砂岩的粗碎屑沉积,上升半旋回不发育或缺失,而在近盆地中心位置上升半旋回开始出现。该层序的分布范围已覆盖整个埕岛地区,沉积厚度在研究区一般为 100~200 m。

2.1.4 层序 MS1

该层序大致相当于 I + II 砂组,如进一步细分,上升半旋回相当于 II 砂组,下降半旋回相当于 I 砂组。底界面为层序 S2 的顶界面,顶界面为新近系与古近系之间的区域不整合面,地震剖面上为一削截面特征,钻井剖面上为一套厚层砂砾岩的底部界面。该层序在全区整体上呈较对称特征,上升与下降半旋回均较发育,但由于其沉积后经历了早、晚第三纪之间的剥蚀阶段,高部位下降半旋回地层遭受剥蚀,局部又表现出不对称的特征。整体上以灰、灰绿色、棕红色泥岩夹砂质沉积为特征。上升与下降半旋回的转换位置是退积与进积地层叠加样式的转换处,为较厚层的灰、灰绿色洪泛平原泥岩发育的位置。该层序的分布范围也是覆盖整个埕岛地区,沉积厚度在研究区一般为 200 m 左右,最大厚度可达 400 m。与下伏层序不同,层序是在盆地显著抬升,湖水完全退缩背景下形成的一套三角洲分流平原上的河流相沉积。

2.2 扇体沉积特征

2.2.1 扇三角洲

埕岛东斜坡的扇三角洲主要发育在南部(图3),为西南方向桩海地区的扇三角洲(物源来自埕东凸起)向埕岛地区的延续。在埕岛南部主要以发育扇三角洲前缘为主,在低凸起上则以前扇三角洲沉积为主。同时,扇三角洲前缘在坡度较陡部位发生滑塌作用,沿埕北30构造带西北侧的沟谷被搬运到斜坡及其以下的相对低洼部位沉积,形成滑塌浊积扇体。

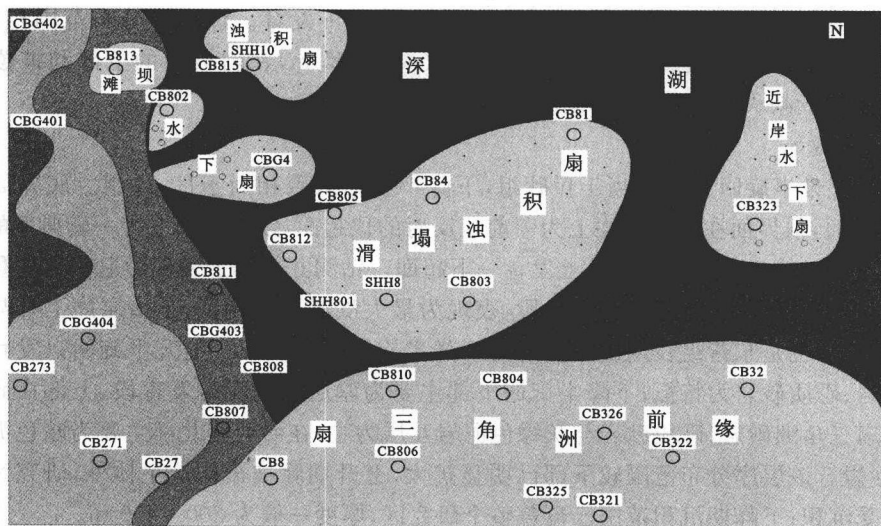


图3 埕岛东部地区东营组层序 MS3 下降半旋回(Ⅲ² 砂组)沉积相图

扇三角洲平原亚相为砾状砂岩、砂岩与灰绿色泥岩互层沉积,纵向上呈正韵律特征,粒度概率曲线图上以两段式为主,C-M 图发育多种组合段(OP,PQ,QR),反映沉积水动力具有牵引流和重力流的双重作用。扇三角洲平原以分支河道沉积为主,发育分支河道、分支次河道及分支河道间等沉积微相。

扇三角洲前缘亚相为砾状砂岩、砂岩与灰绿色泥岩互层,发育有前缘辫状分支河道、河口坝和席状砂等多种砂体类型。岩心观察表明,前缘辫状分支河道为多个呈正韵律的河道垂向上相互切割叠置而成的复合体,呈典型的辫状河道特点;岩性为砾状砂岩、粗砂岩、中砂岩、细砂岩至粉砂岩均有发育;河道主体发育大型槽状交错层理,顶部的粉砂岩层面富含碳屑,显水平纹层;河道侧翼或远端岩性相对较细,以细砂岩为主,顶部出现泥质粉砂岩或粉砂质泥岩,发育有低角度交错层理、平行层理,层面富含碳屑;河道间沉积以灰绿色的粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主,含大量的碳屑,水平纹层发育;测井曲线上多以小规模箱形特征为主。河口坝表现出典型的反韵律特征,测井曲线上呈漏斗形—箱形特征。席状砂以中、细砂岩为主,测井曲线上表现为齿形或指状特征。扇三角洲前缘砂体地震剖面上多表现为前积反射或丘状反射特征。

前扇三角洲亚相位于扇三角洲前缘的前方,沉积物大部分是在波基面以下深度范围内形成的,主要以厚层的暗色泥岩为主,局部夹薄层的细砂、粉砂岩,其在地震剖面上与湖相泥岩已不易区分。