

东濮凹陷文70断裂带构造与油气富集规律研究

吴超,朱俊强,王宁,王库,吴信龙

(中原油田分公司采油四厂,河南濮阳 457176)

摘要:文70断裂带位于东濮凹陷中央隆起带文留构造带南部,油藏受文东、文70和文147三条东倾的断层控制,为东倾的断层和一系列西倾的断层形成的断块。断层切割关系复杂,造成断层组合多解性强;另外油藏含油层系多,油藏较小,油水关系复杂,油藏成因、富集规律及控制因素不明确,油藏动用困难。针对区带存在问题,运用精细地层划分与对比、RFT测试资料、HDT测井资料和三维地震解释等新技术和新方法,在强调整体解释的基础上,重点解剖了文70断裂带各断层的空间展布及组合关系,落实了构造形态和圈闭特征,并对所形成构造圈闭的含油气性及潜力进行了详细分析。结果认为,文70断裂带油气成藏主要受构造控制,发育下生上储、自生自储和古生新储三种成藏组合模式。

关键词:东濮凹陷;文70断裂带;构造特征;地震解释;油气成藏

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2014)03-0169-08

文70断裂带位于东濮凹陷中央隆起带文留构造南部,为中原油田文南油气田的核心开发单元。1978年10月23日,东濮凹陷文70井完钻,钻遇油层9层20.4 m,从而发现了文82断块,揭示了断裂带良好的油气勘探前景^[1]。作为重点开发的区域,前人对断裂带构造与成藏进行了广泛而深入的研究。王平^[2]对复杂断块油气田形成条件进行了分析,认为长期继承性断裂活动覆盖了油气运移期,断裂作用强烈成为构造发育的主导因素。付明世等^[3]对文南油田油气富集规律与滚动勘探开发进行了研究,认为在复杂断块结合部,由于地震资料品质差和断层复杂双重因素,造成断层多解性很大。周树青等^[4]对文南油田构造特征进行了研究,认为断裂带断层多且断块小,剖面上断层发育成“多”或“Y”字型构造。张庆峰^[5]研究了文留地区油气成藏机理,对主要断裂的分布特征和二级断裂系展布特征进行了阐述。经过三十余年的开发,断裂带已进入“三高”开采递减期,剩余油分布零散、挖潜难度大。随着油藏开采程度的加深和生产动态资料的丰富,有必要对断裂带进行精细油藏描述,以指导滚动增储和扩边。

本文中,笔者利用综合地质分析与3D地震解释等新技术和方法,对断裂带构造与成藏规律进行

精细研究,共部署滚动评价井3口,新增石油地质储量47.6万吨。

1 区域地质概况

断裂是控制含油气盆地油气生成、运移、聚集、保存和分布的根本原因,不同级别的断裂对油气成藏与分布有不同的控制作用^[6]。文70断裂带位于东濮凹陷中央隆起带文留构造南部,由文东、文147和文70三条东倾断层形成两个断阶。文70断层贯穿文南构造,为文东断层的次生断裂,是下伏盐膏层发生塑性流动形成上拱构造而遗留的产物。该断裂走向北北东,倾向南东,断层倾角40~60°,断层落差100~550 m,延伸长度在10 km以上。它对文南油田构造格局的形成、储层分布、油气的富集起了主要作用。

该断层上盘北部是文82块,南部是文72块;下盘北部是文33块,南部是文133块,北起文124井,与文13块相连,南至文260井,为一NNE向的向南延伸的长条断阶。东西宽约0.7 km,南北长约6 km(图1)。该断阶主要含油层系为下第三系的沙二下、沙三上及沙三中亚段,油藏埋深2600~3850 m。

收稿日期:2014-03-23

基金项目:国家自然科学基金项目:地质历史时期碎屑岩储层物性参数恢复的定量研究(41272157)

作者简介:吴超(1979-),男,学士,工程师,2004年本科毕业于成都理工大学资源勘查工程专业,现从事滚动勘探开发工作,
E-mail: ganlaogen@163.com。

2 研究方法 with 内容

2.1 研究方法

2.1.1 精细地层划分与对比

伴随我国石油事业的发展,国内地学工作者先

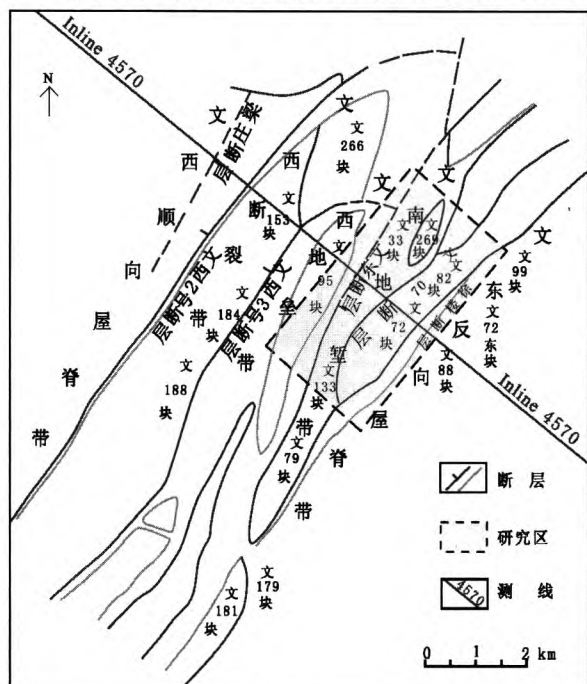


图1 文70断裂带构造纲要图

Fig.1 Structural outline map of Wen-70 fault zone

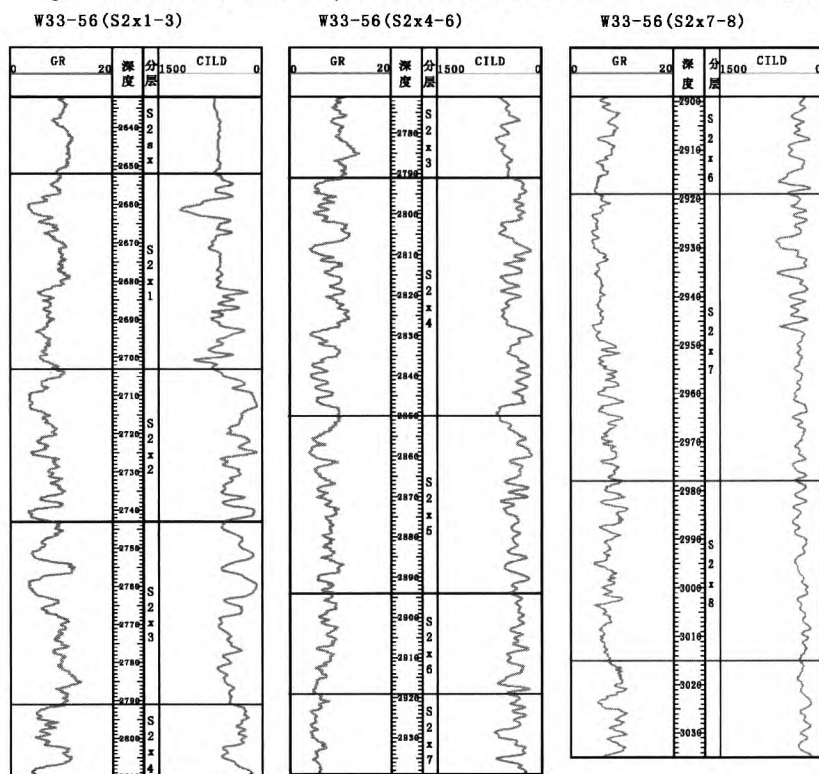


图2 文南油田沙二下亚段地层划分图

Fig.2 Stratigraphic Division of S2x Submember in Wennan Oilfield

后提出“旋回对比,分级控制”^[7]、“古土壤、切片及等高程对比”和“流动单元划分与对比”^[8]等方法。断块油田的复杂性主要来源于多而密集的断层,所以它是这类油田共同的、最突出的地质特征。断块上下盘相互分隔,形成构造独立的开发单元^[9]。通过标准层控制,结合旋回性、韵律性、岩性等,按照从大到小的原则,先根据沉积旋回划分出砂层组。再根据沉积的韵律性划分出小层,将地层对比精细划分到沉积时间单元。本区以文33-56、文33-47、文33-312和文72-437井为标准井,以标志层为界,对区内沙二下亚段-沙三中亚段共划分了28个砂组,完成断裂带四个断块区529口井的精细地层对比。

文70断裂带沙二下亚段厚度约310~370 m,以文33-56井为标准剖面,岩性为紫红色泥岩与棕褐色含油粉砂岩、灰色粉砂岩、泥质粉砂岩;沙二下亚段泥岩高电导和大时差的电性特征突出,分布范围广且稳定,为东濮凹陷一级标准层。根据高电导泥岩不同的组合形态,划分出7个标志层,从而将沙二下划分为八个砂组(图2)。文70断裂带沙三上亚段厚度约480~520 m,以文33-47井为标准剖面,岩性为灰色厚层状泥岩与棕褐色含油粉砂岩、灰白色粉砂岩、泥质粉砂岩互层,夹薄层油页岩或油页岩组。沙

三上泥岩为灰色,电导率不高。根据油页岩和灰质岩高阻尖的不同组合形态,划分出9个标志层,从而将沙三上划分为十个砂组(图3)。文70断裂带沙三中亚段厚度约670~720 m,以文33-312和文72-437井为标准剖面,岩性为深灰色、灰色泥岩与浅棕褐色含油粉砂岩、灰质砂岩和棕褐色油页岩。与沙三上相同,根据油页岩的高阻电性特征,划分出9个标志层,从而将沙三中划分为十个砂组(图4)。沙三上中部出现一组自然伽玛曲线高尖,分布广泛而稳定,被确定为东濮凹陷一级标准层。

作为油田地质最重要的基础工作,精细地层划分与对比可以提供小层特征的基础数据,在此基础上可进行油藏控制因素研究,预测有利含油区块等,对解决复杂断块油田勘探与

开发中的矛盾具有重要意义。

2.1.2 连井油藏剖面

在精细地层对比的基础上,沿不同方向选择剖面线,做大量过井油藏剖面,利用断点信息、地层信息、油藏信息合理组合断层。同时利用油水关系,及生产动态资料来检查平面组合,反复推敲,完成精细构造的研究。如图5所示,连文33-51、33-69和文82-4井等做油藏剖面,首先根据断距大小和位置关系,解释出二级断层文东、徐楼和三级断层文70,然后再对其间的一系列断阶式小断层进行组合。参考地层对比获得的分层信息,进行井间连层。再根据测井和试油结果,在相应层位中绘制油气水层,参考区块油气水界面进行井间预测,从而勾勒出断裂带油藏剖面轮廓。

2.1.3 利用 RFT 和 HDT 资料

RFT测试资料的特点是能够快速与经济地采集到地层流体,评价地层产能^[10]。它能反映出原来认识不到的连通和分隔关系,复杂断块油田投产一段时间后,取得RFT分层压力资料,可反映井间连通关系,

进一步验证构造解释的可靠程度。HDT测井资料可确定地层和断层的产状,对断层的合理组合提供可靠依据,可配合精细地层对比和地震资料解释低序级断层。如图6所示,文72-471井在3535 m左右,地层倾向从北西转向南东,认为存在断层的可能,与邻井文72-453井进行地层对比,确定6 m断距(图7)。

利用这两项资料并参考油井生产及水井注水情况,来检查断层平面组合的合理性,反复推敲,完成精细构造的研究。

2.1.4 三维地震解释技术

三维地震资料提供了空间上三维连续性信息,对断面、断块和构造进行检查,纠正错误数据,与钻井资料精细结合,成为断层精细描述的主要技术手段。通过对断裂带的精细构造解释,绘制完成主要目的层沙二下亚段、沙三上亚段和沙三中亚段的顶面构造图,依据研究成果在文269南块等断块部署多口滚动井和油藏评价井均获成功,进一步验证了构造解释的可靠性。其中文269南块位于文南地堑带南部,文东、文147块和文70断层为其主要控油断

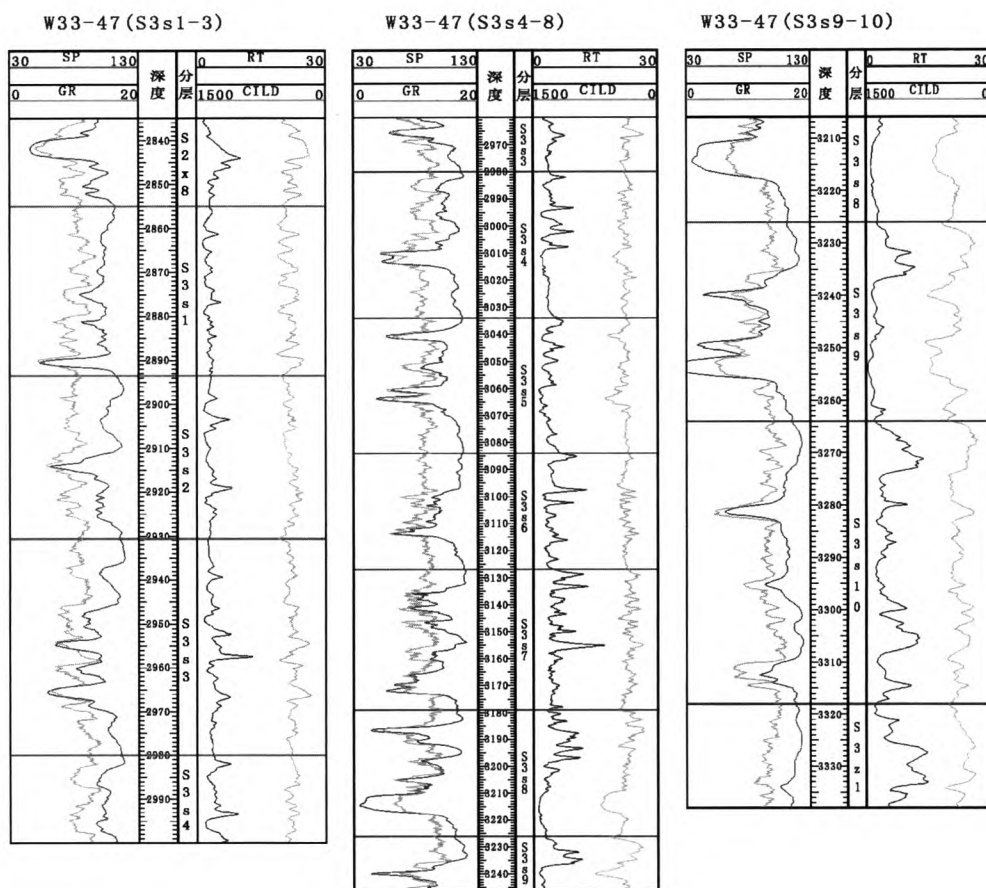


图3 文南油田沙三上亚段地层划分图

Fig.3 Stratigraphic Division of S3s Submember in Wennan Oilfield

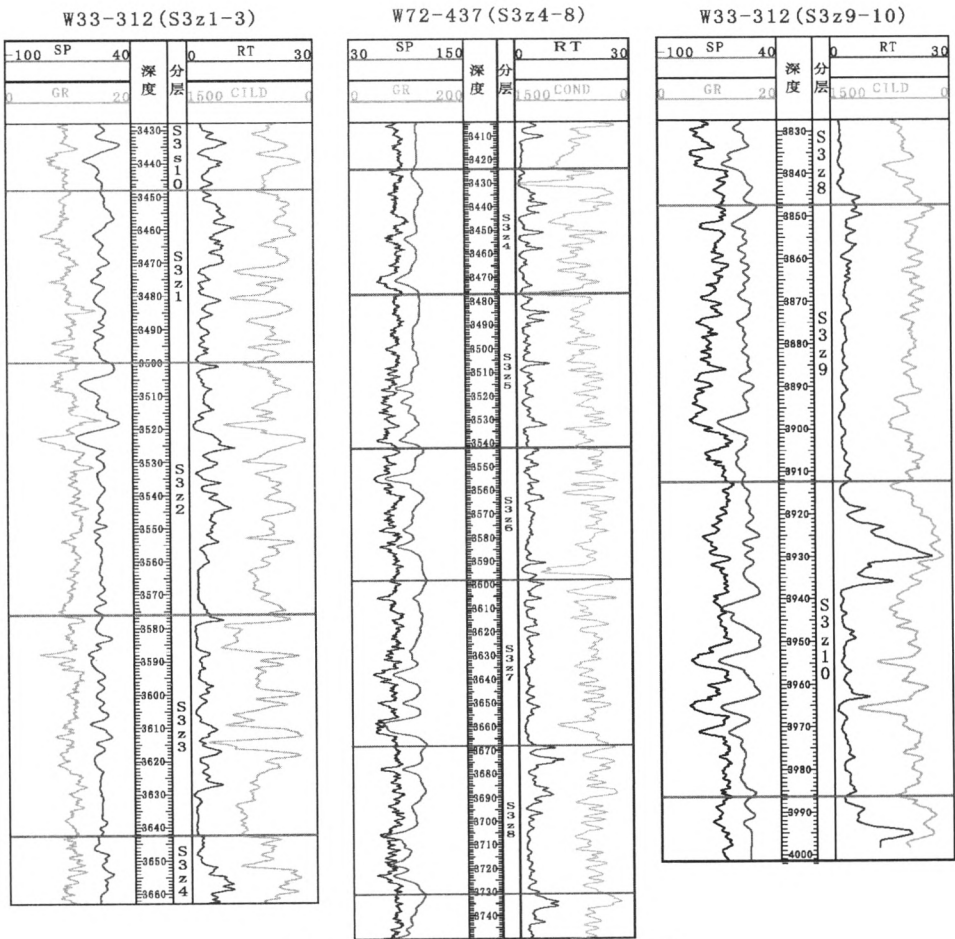


图4 文南油田沙三中亚段地层划分图

Fig.4 Stratigraphic Division of S3z Submember in Wennan Oilfield

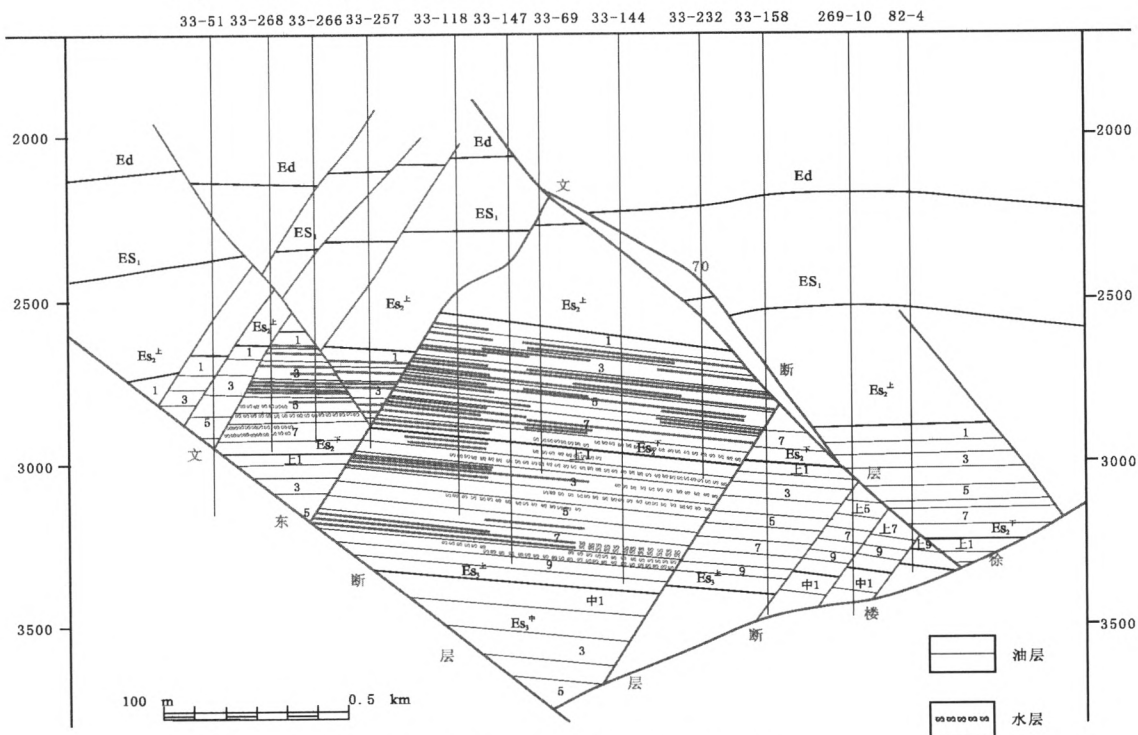


图5 文33-51井-文82-4井油藏剖面

Fig.5 Reservoir Profile Map from Well W33-51 to W82-4

层。采用三维地震数据,进行构造精细解释,部署滚动评价井文269-31,钻遇油层19层45.2 m和油水同层8层27.3 m,取得了良好的经济和社会效益。

文70断裂带含油层段多,埋藏最深的达3850 m,断

层的发育期次多,切割关系复杂,造成构造组合多解性强、地震反射波组特征可对比性差。如图8所示,过主测线 Inline4570 地震剖面(测线位置见图1),通过精细构造解释,认为文70断裂带由文70、文

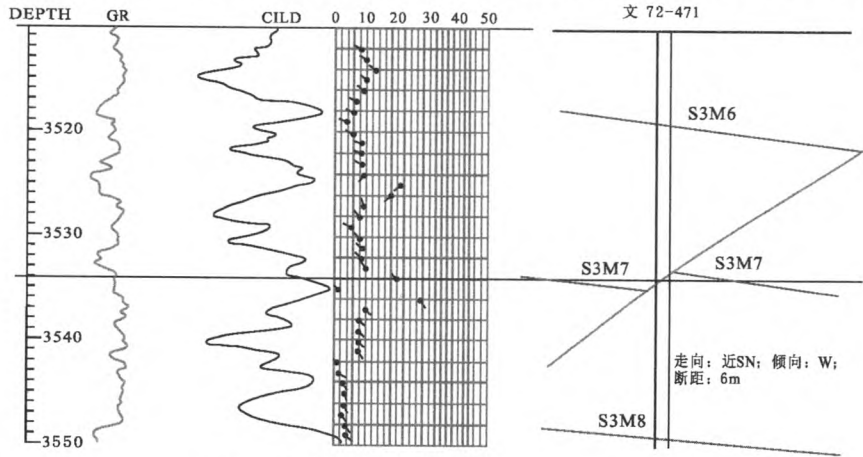


图6 利用地层倾角测井资料识别小断层

Fig.6 The Low Order Fault Recognized through Diplog Information

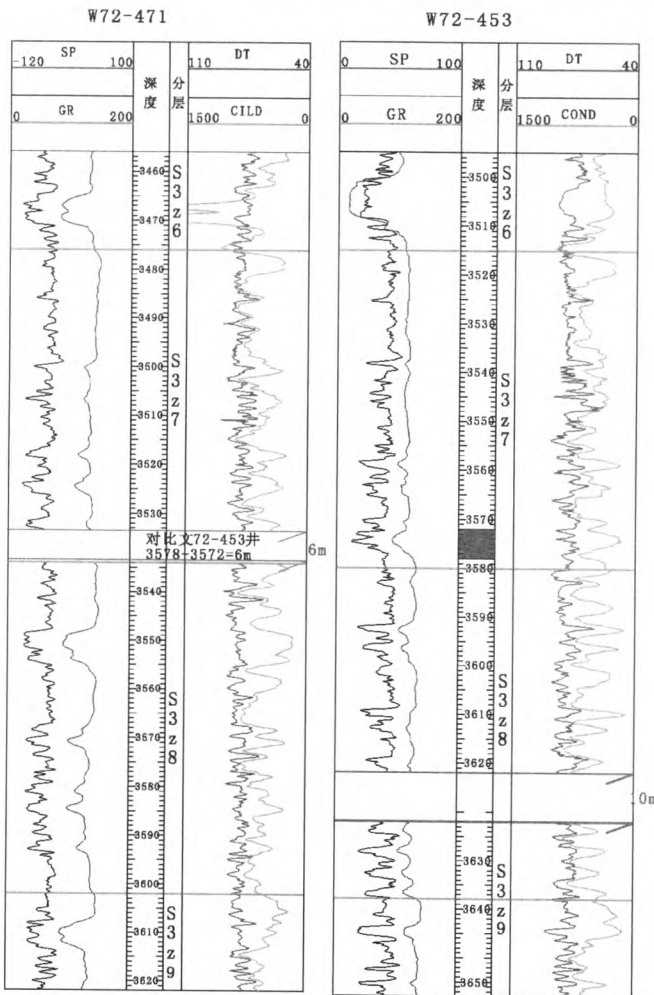


图7 文72-471与文72-453地层对比图

Fig.7 The Stratigraphic Correlation of Well Wen 72-471 and Wen 72-453

147和文东断层形成二个断阶,两个断阶之间存在一系列西倾的小断层。文70和文147断层搭接于徐楼断层上,徐楼和文东断层形成Y字形文南地堑的构造格局。

本次以井为出发点,利用钻井资料对地震进行精细标定,综合运用三维可视化、地震相干切片,变速成图、正演等技术,提高地震解释的精度,共对115条主测线剖面进行了精细构造解释,对断裂带一系列西倾断层进行精细刻画。井-震结合断层解释技术的应用,可以较好地解决断层组合的问题^[1]。在充分认识油气层纵向分布特点的基础上,对重点区块主要目标层段进行精细构造解释评价。

2.2 构造特征研究

通过精细地层对比、三维地震构造解释,在地震解释软件GeoFrame平台中勾绘断层多边形,生成10~25 m间隔等高线,导出目的层构造井位图,从而对断裂带构造形态与断层特征进行精细刻画。

2.2.1 构造形态

文70断裂带为文南地堑带发育的一条东倾的文70断层和一系列西倾断层形成的断块。文70断层平面上北部断距大,南部逐渐变小,并在文82-文49井附近消失。断层走向NNE-NE向,倾向东面,断层倾角40~46°,断距0~550 m,长约10 km,北部由于受到文23盐的塑性影响,断层发育表现为上陡下缓。

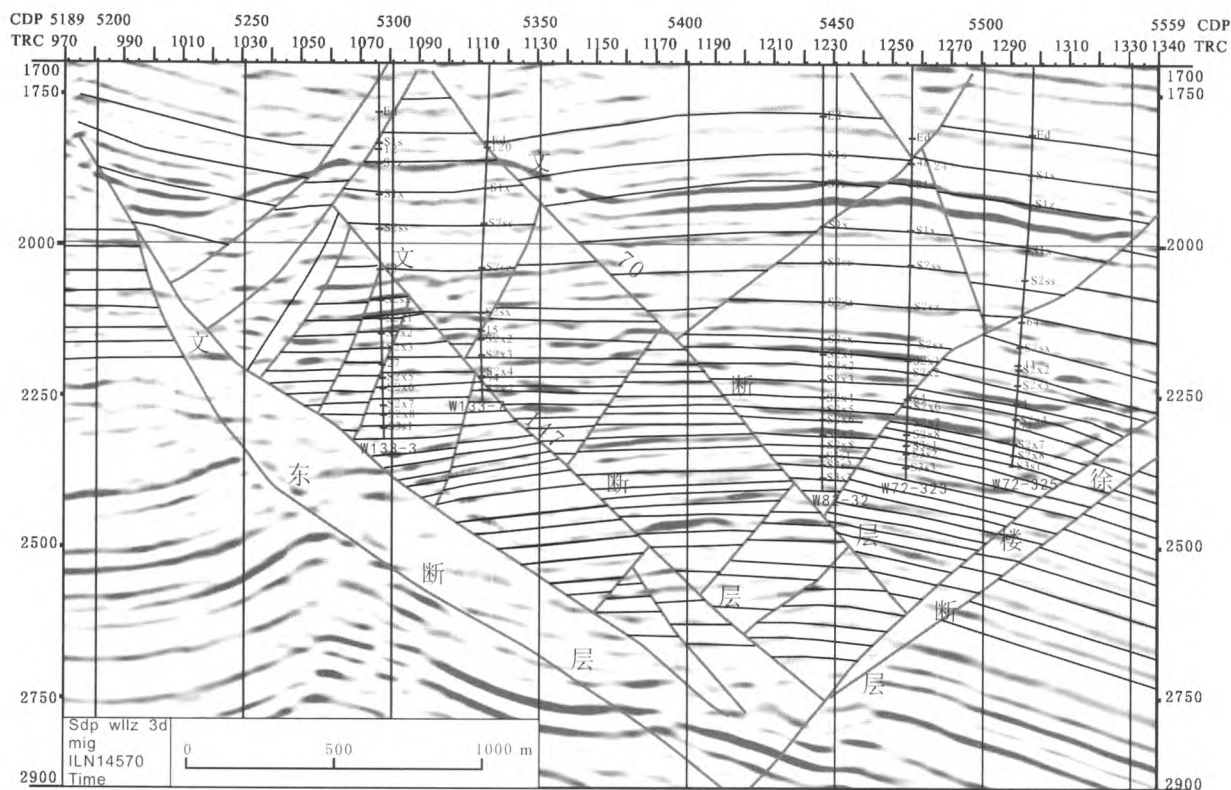


图8 文70断裂带主测线Inline 4570地震剖面解释成果及测线位置图

Fig.8 Seismic Profile Interpretation Map in Wen-70 Fault Zone (Inline 4570)

2.2.2 断层特征

通过上述精细地层划分与对比、绘制油藏剖面、用RFT和HDT资料和三维地震解释技术方法,对文南油田二级断裂系统进行研究分析,重新建立构造格架,为断层的精细刻画提供了可靠的构造基础。

随着复杂断块油藏进入特高含水开发阶段,剩余油富集区规模变小,五级以下低序级断层控制着局部油水关系和剩余油分布,因而成为研究重点。

文70断裂带发育的断层,全为正断层,断层尽管发育但具有十分明显的规律性。整体北部为东倾的文70断层和一系列西倾的反向断层,在南部文133块,东倾的文147断层发育。

2.2.3 构造新认识

通过多种方法综合研究,对断裂带构造获得了如下三方面新认识。

(1)明确了文70断层和徐楼断层北部和南部的切割关系,文70和文147断层切割一系列西倾断层,并向东搭接于徐楼断层上。

(2)理顺了构造格局,从而发现断层分布的规律性。低序级断层具有树枝状、平行阶梯状、帚状等多种样式,多分布于二级断层下降盘以及切割转换带附近。

(3)文70断层、徐楼断层及一系列西倾小断层,对油水分布具有不同级别的控制作用。

2.3 油气成藏规律研究

2.3.1 生储盖组合特征

文70断裂带东西两侧分别靠近前梨园洼陷和柳屯-海通集洼陷,这两个洼陷都是古近纪继承性的生油气洼陷,其有机质丰度高、类型好、排聚系数高、生油强度大^[9]。沙一段和沙三段、沙四段暗色泥岩发育,不缺乏生烃物质。

古近系沙河街组经历了沙四段-沙三段-沙二下亚段、沙二上亚段-沙一段-东营组两个沉积旋回^[12],储层主要发育重力流水道沉积、滩坝砂体、三角洲-湖泊沉积体系和冲积-河流-滨浅湖沉积体系,因此滩坝砂体、三角洲砂体相对发育,同时河流沉积和湖泊作用也形成一定规模的砂体。

区域盖层为沙一段和沙二上巨厚含膏泥岩和盐岩地层,盐岩具有超强的封盖能力,正是因为东濮凹陷厚层盐岩的存在,形成该凹陷独具特色的油气分布格局^[13]。

文70断裂带在断陷发育不同阶段发育了不同的沉积体系,形成了下生上储、自生自储和古生新储三种成藏组合模式。自下而上分为三套生储盖组合:

1)沙三中自生自储,沙三中上部和沙三上底部泥页岩盖;2)沙三上生,沙三上和沙二下储,沙二上含膏泥岩和沙一段盐岩盖;沙一段自生自储自盖(图9)。

2.3.2 油气运移特征

文南地区生油门限为96.7℃,在96.7~145℃,相当于埋深2500~4000 m,为大量生油阶段。在第三系东营组沉积末期沙三段,油气开始大规模成烃运移,在这之前已经存在许多不同发育期次的断层,大的构造活动已经结束。圈闭形成时期与油气生成、运移时期相协调,是油气藏形成富集的必要条件^[14]。当油气遇到已存在的断层遮挡时,就会聚集起来;而当这类断层再次活动的时候,断层的封闭性就可能遭到破坏,已经聚集的油气会发生再次运移。在油气运移的途径上,不但上倾方向正在发育的断层影响油气聚集,而且下倾方向正在发育的断层,也会影响油气的运移。该区油气运移主要表现出横向和纵向运移模式。

2.3.3 油气富集特征

文70断裂带的油藏处于油气高度富集的文南地堑带,主要为层状构造油气藏,其油气来源主要是前梨园洼陷。

四级、五级断层大多是大断裂的伴生和补偿性断层,形成晚,活动时间短,延伸距离短,受区域构造应力影响小。遮挡断层的封闭能力主要受控油断层发育时期与油气运聚时期的匹配关系控制^[15],这些断层长时期处于闭合状态,阻断了油气的横向运移,在形成油藏的过程中这些断层起到很好的遮挡作用。文70断裂带文269北块、南块油藏位于文70断层上

升盘,主要为东倾的文70断层和西倾的一系列断层形成的断阶。当油气在向高部位运移的过程中,纵向被文70断裂疏导,西倾的断层和东倾的断层这种特有的组合,造成了油气的不断聚集,形成高度富集的油气藏。

整个断裂带油气富集受构造控制,平面上总体是越往北靠近构造的高部位,油气富集程度越高,往南次之;纵向上油层成组性发育,平均单层厚度2~3 m。从下到上含油面积变小,沙三中2含油面积最大,依次向上沙三上7含油面积最小,各小层油水界面差异较大,这说明油藏形成的时候,断块之间、不同的含油层系之间,既有分割,又相互联系。油气总是优先充满构造高部位的储集体,然后再依次向下充填。

3 结论

(1)运用地质综合分析和三维地震解释等新技术新方法,对一系列西倾断层的组合关系加以论证,明确了文70断层和徐楼断层北部和南部的切割关系,奠定了文70断裂带精细构造格局。

(2)文70、文147、文东断层及一系列西倾的小断层对油水分布具有控制作用,油气主要分布在断块的高部位。

(3)由于沙一段和沙二上亚段巨厚含膏泥岩、盐岩地层的存在,滩坝与三角洲砂体发育,文70断裂带发育下生上储、自生自储和古生新储三种成藏组合模式。

(4)整个断裂带油气成藏受构造控制,平面上从

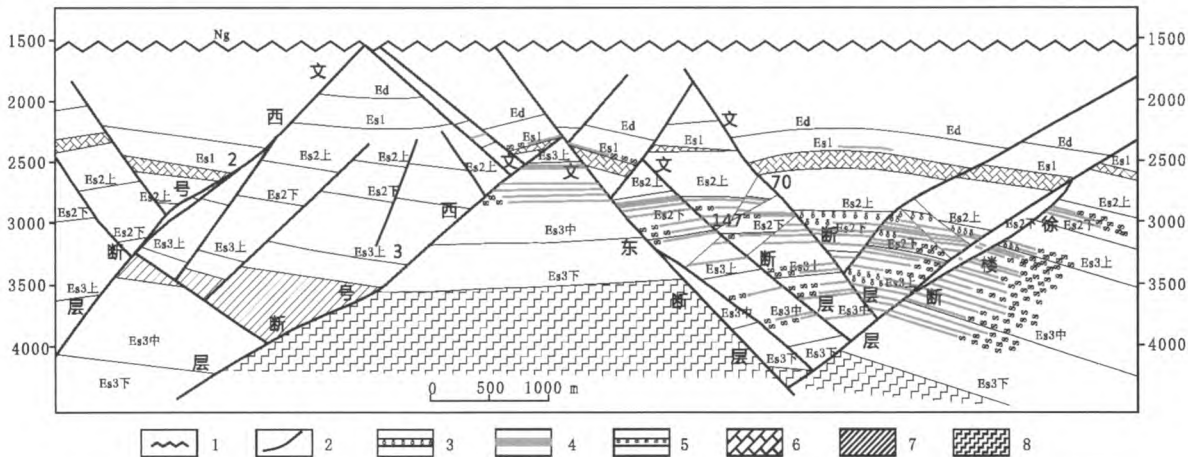


图9 文70断裂带油藏模式图

Fig.9 Reservoir Model Map in Wen-70 Fault Zone

1.不整合面; 2.断层; 3.气层; 4.油层; 5.水层; 6.沙一盐; 7.文9盐; 8.文23盐

南向北,随着构造部位的逐渐升高,油气富集程度也越来越高。纵向上,油层成组性发育。

参考文献:

- [1] 《中国油气田开发志》总编纂委员会. 中国油气田开发志(中原油气区油气田卷)[M]. 北京:石油工业出版社, 2011, 107-117.
- [2] 王平. 复杂断块油田详探与开发[M]. 北京:石油工业出版社, 1994, 15-24.
- [3] 付明世, 谭仲平, 夏吉宙, 等. 文南油田油气富集规律与滚动勘探开发[J]. 断块油气田, 1998, 5(4): 12-15.
- [4] 周树青, 潘道修, 杨瑜贵, 等. 文南油田构造特征与形成机理分析[J]. 断块油气田, 2002, 9(2): 30-33.
- [5] 张庆峰. 东濮凹陷文留地区沙河街组油气成藏机理研究[D]. 成都:成都理工大学地球科学学院, 2010.
- [6] 罗群, 白新华. 断裂控烃理论与实践—断裂活动与油气聚集研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1998, 13-18.
- [7] 裘怿楠, 陈子琪. 油藏描述[M]. 北京:石油工业出版社, 1996, 66-87.
- [8] 吴元燕, 吴胜和, 蔡正旗. 油矿地质学(第三版)[M]. 北京:石油工业出版社, 2005: 127-140.
- [9] 孔祥宇, 于继崇, 李树峰. 复杂断块老油田精细地层对比综合方法的提出与应用[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(1): 120-124.
- [10] 林梁. 电缆地层测试器资料解释理论与地质应用[M]. 北京:石油工业出版社, 1994, 2-3.
- [11] 王彦辉, 姜岩, 张秀丽, 等. 三维地震解释技术及其在储层描述中的应用—以松辽盆地杏树岗油田X56区块为例[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(3): 407-412.
- [12] 时华星, 毛永强. 文南地区成藏机理研究[J]. 断块油气田, 2004, 11(4): 19-21.
- [13] 杜海峰, 于兴河, 陈发亮. 河南省东濮凹陷古近系沙河街组沙三段盐岩沉积特征及其石油地质意义[J]. 古地理学报, 2008, 10(1): 53-62.
- [14] 徐樟有. 济阳拗陷上第三系储层特征及天然气藏形成条件分析[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1995, 19(5): 1-5.
- [15] 李世银, 钟建华, 孙钰, 等. 东濮凹陷濮卫环洼带油气成藏条件及成藏规律[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(2): 28-30.

Study on Wen-70 Fault Zone and Hydrocarbon Accumulation of Dongpu Depression

WU Chao, ZHU Jun-qiang, WANG Ning, WANG Ku, WU Xin-long

(The Forth Oil Production Plant of Zhongyuan Oilfield Company, Puyang 457176, China)

Abstract: Wen-70 fault zone is located in the south of Wenliu structural belt in the central uplift zone of Dongpu depression, which is a fault block formed by east inclined fault and a series of west inclined faults and where reservoir are controlled by three east inclined faults named Wendong, Wen-70 and Wen-147. Due to the complex and mutual cutting, there also can be lots of fault interpretation schemes. Additionally for many oil-contained formation systems, small scale, complex oil and water relation, reservoir contributing factors, enriching rules and indefinite controlling factors, reservoir extraction is extremely difficult. In this paper, aiming at the existing problems, through detailed stratigraphic division and correlation, RFT materials, HDT Logging materials and 3D seismic interpretation etc., and in the base of focusing on overall interpretation, steric distribution and cutting relation of faults in Wen-70 fault zone are emphatically analysed, structural shapes and trap characteristics are confirmed, and hydrocarbon characteristics and potential of structural traps are analysed in detail. Through comprehensive geological analyses, reservoirs of Wen-70 fault zone are mainly controlled by structure, and developed three types of accumulation models.

Key words: Dongpu depression; Wen-70 fault zone; structural feature; seismic interpretation; hydrocarbon accumulation.