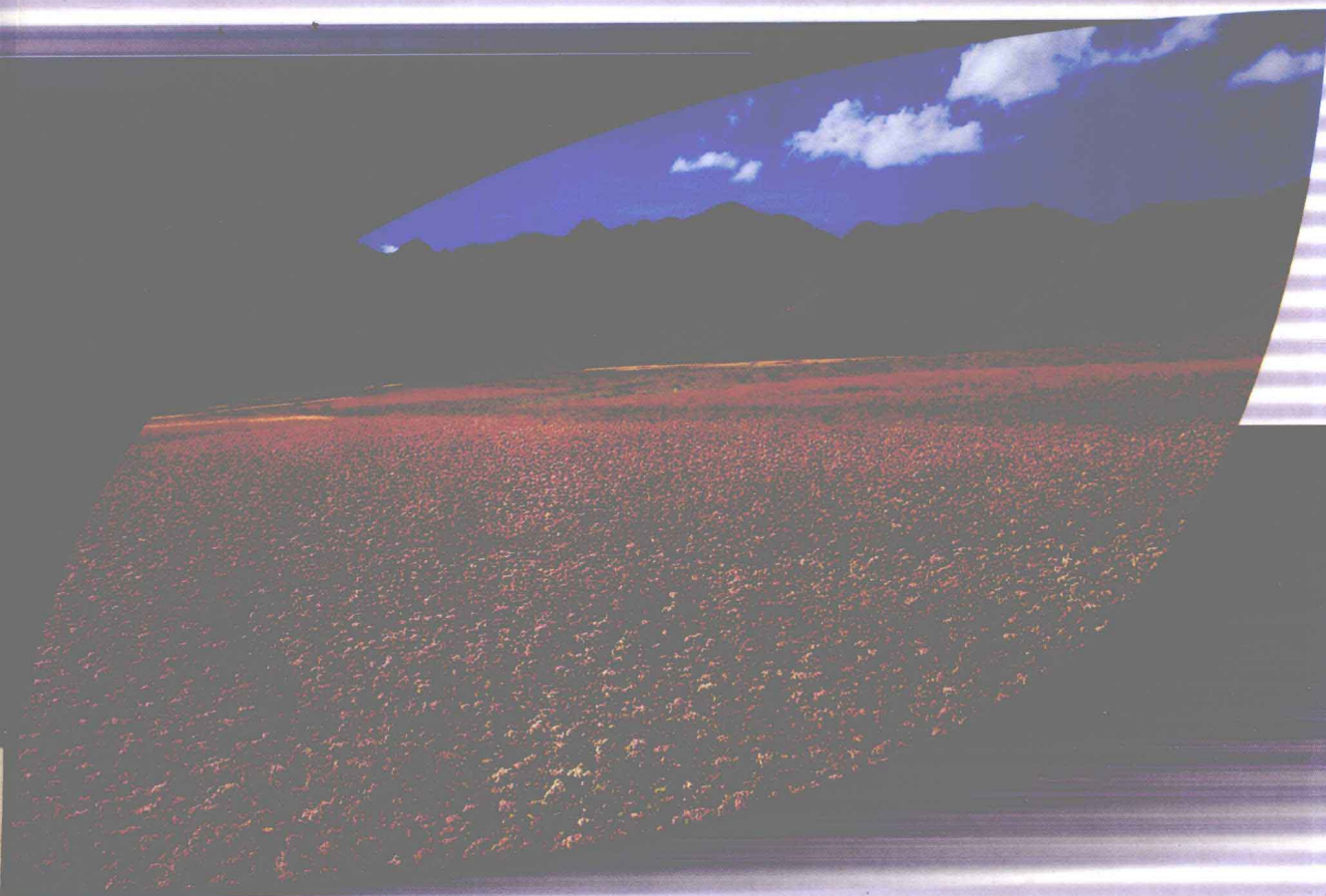


张世民 王 华 王家豪 廖远涛 赵忠新 马丽娟 等著

东濮凹陷文东地区层序地层 格架与油气成藏条件分析



中国地质大学出版社

湖北省杰出青年基金、中国地质大学
“211”工程建设国土资源勘查评价
与信息技术学科群联合资助

东濮凹陷文东地区层序地层格架 与油气成藏条件分析

张世民 王 华
王家豪 廖远涛 等著
赵忠新 马丽娟

本书的主要著者:张世民 王 华 王家豪 廖远涛
赵忠新 马丽娟 蒋 恕 陈 亮
严德天 韩晋阳 肖 军 甘华军
参加工作的人员:何汉坤 夏鹏远 郝振宪 杨启明
王继画 黄克献 陈宏伟 万小伟

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

东濮凹陷文东地区层序地层格架与油气成藏条件分析/张世民,王华,王家豪,廖远涛,赵忠新
丽娟等著. —武汉:中国地质大学出版社,2004. 9

ISBN 7-5625-1814-9

- I. 东…
II. ①张…②王…③王…④廖…⑤赵…⑥马…
III. 东濮凹陷-文东地区-层序地层格架-油气成藏条件
IV. P62

东濮凹陷文东地区层序地层格架 与油气成藏条件分析		张世民 王 华 王家豪 廖远涛 赵忠新 马丽娟	等著
责任编辑: 赵颖弘	技术编辑: 阮一飞	责任校对: 张咏梅	
出版发行: 中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮编: 430074	
电话: (027)87482760	传真: 87481537	E-mail: cbb @ cug. edu. cn	
经 销: 全国新华书店	http: www. cugp. cn		
开本: 787 mm×1092 mm 1/16	字数: 365 千字 印张: 14.25 插页: 6		
版次: 2004 年 9 月第 1 版	印次: 2004 年 9 月第 1 次印刷		
印刷: 中国地质大学出版社印刷厂	印数: 1—300 册		
ISBN 7-5625-1814-9/P · 604		定价: 50.00 元	

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

《东濮凹陷文东地区层序地层格架与油气成藏条件分析》介绍的研究内容主要涉及东濮凹陷文东地区的天然气勘探与潜力评价问题。以层序地层学、油气成藏动力学、盆地动力学为研究的主要方法基础,充分应用已有的地震、地质、分析化验资料,补充部分新资料,以沉积-构造研究为起点和支撑点,以成藏动力学研究为主线,同时应用盆地模拟技术,对东濮凹陷的文东地区在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行系统、全面的分析与总结,同时进行油气成藏条件分析及潜力评价,并对重点储层进行评价,目标之一是为找寻新的勘探领域和目标服务。

众所周知,地震和岩性地层对比技术已取得了巨大成功,找到了大量油气田,目前世界上90%的石油地质储量是通过上述方法获得的。然而随着勘探难度增加,运用上述方法寻找油气的成功率正在下降。这主要是由于岩性地层和地震层序的划分过于粗略,仅适用于确定大型构造圈闭类型的油气藏,而不能满足寻找地层圈闭和复杂圈闭类型油气藏的需要。

我国的石油产能90%以上来源于中新生代内陆盆地,这些盆地又大多处于断陷、前陆等活动的构造背景。陆相盆地的构造、古地理以及气候变化的复杂性及各盆地(凹陷)时空上的沉降差异、物源系统、可容纳空间的变迁,导致层序地层格架、层序构成样式、沉积体系的空间配置、隐蔽油气藏形成的剧烈变化等。

本书正是在上述背景下,以东濮凹陷的文东地区为研究区开展高精度层序地层学、成藏动力学和储层分析与评价研究的。研究目的之一是为了建立该凹陷的高精度层序地层模式,用于指导储集体和隐蔽油气藏的预测;之二是为了探索一套适合该盆地油气藏找寻的行之有效的技术方法,该项目的实施将为文东地区油气潜力的挖掘提供重要的技术支持。因此可见该项研究具有重要的前瞻性、理论意义和不可低估的实用价值。

该专著取得的重要认识有如下几个方面:

1. 在单井分析方面:在研究区的重点研究层段内共划分出6个三级层序,其中沙四段1个,沙三段4个,沙二段1个。一般情况下,每个三级层序内发育完整的3个体系域。从沉积体系分析上看,从下向上,沙四段以辫状三角洲沉积为主,为水动力作用强的浅水环境;沙三4亚段膏岩层较发育,反映了水较浅的干盐湖、半咸水湖环境;沙三3亚段岩性以粉砂岩和泥岩为主,夹油页岩和膏岩,反映水体逐渐加深,揭示了湖泊三角洲前缘和湖泊环境;沙三2亚段岩性以粉砂岩和泥岩为主,夹含盐、含膏泥岩和油页岩,揭示了湖泊三角洲前缘和湖泊环境;沙三1亚段岩性以粉砂岩和泥岩为主,反映了湖泊三角洲前缘和湖泊环境;沙二下亚段岩性以棕色粉砂岩和紫红色泥岩为主,反映了水体较浅,揭示了三角洲平原环境。前2井因靠近兰聊断裂带,受其活动影响,自

下而上主要发育扇三角洲。由此可以得出,由下而上,沉积体系的变化趋势是:辫状河三角洲-干盐湖、半咸水湖-湖泊三角洲、湖泊-三角洲平原,反映了湖水浅—深—浅的变化过程。

2. 由三级层序的不同体系域的沉积体系(相)的空间配置及其演化可见:构造活动始终控制着沉降和沉积中心变迁、层序的样式、层序体系域的分布、沉积相分布,即凹陷的发育与充填的整个过程。凹陷的演化具体可划分以下阶段:

(1)初始裂陷阶段($SQEs_4$):文东断裂强烈活动,形成文东斜坡带上部的早期滚动背斜和反向断层,使文东斜坡带上部成为 $SQEs_4$ 时期的沉降中心,发育氧化性浅湖-中深湖相和水下扇沉积。相反,兰聊断裂活动性较弱,但它的初步活动导致了大规模冲积扇体系发育。 $SQEs_4$ 层序以低位体系域、高位体系域为主,湖扩体系域厚度小,也反映为盆地初始裂陷、湖盆规模小、水体浅的特点。

(2)快速裂陷阶段($SQEs_3^4$):该时期是兰聊断裂活动性最强的时期,冲积扇体系转变为扇三角洲体系,特别是 $SQEs_3^4$ —EST 发育时期,扇三角洲体系迅速退积。文东斜坡带上部的早期反向断层继续保持较高活动性,由于物源供给缺乏,沉积了厚层的深水盐湖相地层。 $SQEs_3^4$ —HST 时期,凹陷的格局发生了根本性转变。斜坡带上部次级凹陷消失,地层厚度自兰聊断裂向斜坡带逐渐减薄,斜坡带上部也发育小规模湖泊三角洲沉积。

(3)衰减断陷阶段($SQEs_3^3$ — $SQEs_3^1$):扇三角洲体系整体规模较小; $SQEs_3^3$ 、 $SQEs_3^2$ 、 $SQEs_3^1$ 地层厚度小,低位体系域薄。 $SQEs_3^3$ —LST 时期,早期反向断层还存在轻微活动,斜坡带上部发育薄层低位体系域沉积; $SQEs_3^2$ 、 $SQEs_3^1$ 层序低位体系域仅分布在斜坡带下部至兰聊断裂范围,文东斜坡带上部成为广泛的暴露剥蚀区。总体反映了构造活动性逐渐减弱,斜坡带上部演化成一个平台区,小的湖平面下降即能导致大范围水体萎缩。

(4)再活化阶段($SQEs_2$):构造活动增强,主要表现在兰聊断裂下盘发育明显的低幅度滚动背斜和反向断层; $SQEs_2$ —LST 内扇三角洲普遍呈“帚状”;文东斜坡带上部发育局限于 $SQEs_1$ 以下的小断层。虽然该时期构造活动增强,但干旱炎热的气候对研究区的沉积作用具有主导作用,直接导致了凹陷的消亡。 $SQEs_2$ 低位体系域、高位体系域发育,而湖扩体系域厚度小,表现为凹陷消亡期充填沉积的层序发育特点。

3. 东濮凹陷古温压场和古流体势演化分析:就温度场演化而言,整个研究区的地温梯度值在地史过程中都要比世界平均地温梯度值 $3.0\sim 3.3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 要稍高,其中又以东部洼陷区(文东地区)的地温梯度值最高。另外,在整个地质历史时期古地温梯度值是在逐渐下降的。并可以较明显地看出,中央隆起区的地温梯度值要比其东西洼陷区高。

就压力场流体势演化而言,古超压的发育过程和流体势发育样式具有阶段性、波动性和逐渐减弱性;在区域分布上,在西部缓坡区、中央隆起区及其两侧的缓坡区和东部陡坡带以常压为主,而在东西部的洼陷区内超压发育明显,且东部洼陷区(文东地

区)由于相对于西部洼陷区沉积范围广、沉降深度大,超压发育更为典型,超压值相对更大。总的来说,研究区文东洼陷带的超压发育普遍,主体层位超压。

就镜质体反射率值特征来说,在东濮凹陷文东地区,综合有机地化的各种成熟参数,选用0.55%为成熟界限,1.0%为生油高峰期,0.55%~0.8%为低成熟阶段,0.8%~1.3%为成熟阶段,1.3%~2.0%为湿气阶段,>2.0%为干气阶段。实际上,不同地区的成熟门限深度是有区别的,隆起的门限深度比凹陷处要略浅些。中央隆起区上1000~1500m有机质进入成熟,而在东西洼陷区中则为2000~2500m。这就造成了同一套地层在不同的地区,进入生烃门限的时间也有差异,在东西洼陷区的各套地层进入生烃门限的时间普遍偏晚,而中央隆起区上的各套地层生烃门限的时间略早些。

4. 地震综合解释研究主要是应用复杂小断块构造精细解释技术,进行精雕细刻解释,对构造加以准确落实;对于构造-岩性复合油气藏,则分别应用构造精细解释技术和储层预测配套技术,进行综合解释;最后利用地震综合解释的多种成果对目标区进行综合评价,预测钻探目标并建议进行钻探。

(1)针对依附于兰聊断层的断鼻构造的前2构造(在沙三1、沙三2、沙三3期均较发育)的研究,指出了前2井并未钻遇鼻状构造的高部位,在前2井的东北,在沙三1亚段、沙三2亚段、沙三3亚段均有一构造高点,且从该区的地震剖面上,在兰聊断层的下降盘发育了多套杂乱的呈背斜形态的地震反射,从反演剖面上看是多套具有高波阻抗值的反射,依据沉积相认为是砂砾岩体沉积,经过描述砂砾岩体3个,砂体面积20.5km²,分析建议部署一口探井,预测有利含油面积三层叠加7km²,石油地质储量560×10⁴t。

(2)针对前1构造,它位于前梨园地区兰聊断层下降盘,其构造形态为一半背斜,存在南北两个高点。该构造显示较强的继承性,深浅高点位置没有明显偏移。指出其中南部高点钻有前1、前5两口井的完钻层位较浅(沙三1亚段未见底)。其深层沙三2—3亚段位于第一个沉积旋回的深水湖,储盖组合优于浅层,是一个很有潜力的勘探目标。通过构造解释,T₆¹、T₆²、T₆³构造图的编制认为构造较落实,建议部署一口探井,进一步扩大前1井的含油气面积。

(3)通过地球物理域地质分析相结合的研究工作,确立了一套适合东濮凹陷前梨园洼陷环洼带隐蔽油气藏滚动勘探开发的地震综合解释技术与流程。指出了文东地区地震综合解释技术虽然存在着许多难点,但发展以反演为核心,三维可视化解释、地震相分析、地震属性分析等多种技术配套是隐蔽油气藏精细勘探的要求,也是评价多样性的需要,只要本着科学求实的态度,就一定能够充分发挥各项技术作用。提高地震资料及测井资料的质量,是做好地震综合解释的基础,从原始资料到解释结果是一项系统工程,各个环节工作的精确细致程度同样是地震综合解释精度的保证。

结合上述地质和地震资料分析,对研究区的有利相带进行了预测,指出了如下7个相带为有利相带:①文东地区的东缘扇三角洲砂体与鼻状构造;②扇三角洲的前缘

相、前三三角洲相砂体与上倾尖灭圈闭;③湖泊三角洲平原相、前缘相砂体与断块圈闭、不整合圈闭;④滨岸沙坝砂体与岩性圈闭;⑤湖泊三角洲的前三角洲砂体;⑥重力流砂体与岩性圈闭;⑦冲积扇砂体与上倾尖灭圈闭。

该专著在资料准备、编写与出版过程中始终得到了中国石油化工股份有限公司中原油田分公司多位领导的关切:研究工作得到采油一厂的熊良淦总地质师、夏鹏远副队长、何汉坤副总地质师等领导的关切和协助;勘探事业部的郑鸿稳经理、勘探开发研究院的张洪安总地质师、天然气处的曾大乾处长等给予了热情的关注与支持;同时得到了勘探开发研究院多位同志的热心支持和帮助。在具体的工作过程中,得到了中原油田分公司采油一厂地质大队领导的帮助;多个科室以及岩芯库的众多同志也在资料借阅、岩芯观察、工作环境等方面提供了恰当而热情的帮助,给予了积极的协助与方便;尤其是课题的合作者夏鹏远副队长、何汉坤副总地质师对研究工作顺利完成给予的大力支持与配合;同时,本项科研工作也得到了中国地质大学学校领导关注。在此,向各协助单位和有关项目组负责人、研究人员表示衷心的感谢!

该书的出版得益于湖北省杰出青年基金的支持,受益于中国地质大学“211”工程二期建设中的“国土资源勘查评价与信息技术学科群”,得益于中国地质大学校长赵鹏大院士的鼓励和中国地质大学(武汉)副校长姚书振教授的热心支持,受益于中国地质大学李思田教授所给予的长期的热心支持和学术指导。同时感谢中国地质大学解习农教授无私地提供了盆地模拟软件;在资料分析、撰写编排等过程中也得到了中国地质大学杨士恭教授、陆永潮教授、焦养泉教授、任建业教授、庄新国教授等人的帮助和协助;中国地质大学学校领导、研究生院、资源学院负责同志也对该书的出版给予了关注与支持;在此,本书的著者们向他们表示衷心的感谢!

因此说,该专著是中国石油化工股份有限公司中原油田分公司与中国地质大学密切合作的产物,是集体智慧的结晶。本书编写的分工是:前言、第一章和第二章由张世民、王华执笔;第三章(东濮凹陷文东地区单井层序地层与沉积相研究)由廖远涛、王华、王家豪、蒋恕执笔;第四章(东濮凹陷文东地区层序地层与沉积相研究)由王家豪、廖远涛、严德天、陈亮执笔;第五章(东濮凹陷文东地区成藏动力学及其模拟分析)由赵忠新、肖军、韩晋阳、甘华军执笔;第六章(文东地区地震综合解释技术的应用与成果)由马丽娟、张世民执笔;第七章由张世民、王华、王家豪、廖远涛执笔。全书最后由张世民、王华、王家豪进行统稿。

由于著者们与研究水平与工作经验有限,对东濮凹陷的众多地质问题的认识、分析与总结上定会存在欠妥之处,热诚欢迎读者们指出本书的不足,并予以指正。

目 录

第一章 研究内容与技术路线简介	(1)
第一节 层序地层学与成藏动力学研究的意义	(1)
第二节 从层序地层学入手的研究内容	(4)
第三节 从成藏动力学入手的研究内容	(4)
第四节 采用的技术路线和技术关键	(5)
第二章 东濮凹陷文东地区地质特征概述	(6)
第一节 东濮凹陷构造地质特征	(6)
第二节 东濮凹陷充填序列特征	(9)
第三节 东濮凹陷盐岩的空间分布特征	(14)
第四节 东濮凹陷的油气地质特征	(16)
第五节 文东地区地质概况	(21)
第三章 东濮凹陷文东地区单井层序地层与沉积相研究	(25)
第一节 单井层序地层与沉积相研究方法	(25)
第二节 单井岩芯沉积相分析	(27)
第三节 单井层序地层与沉积相研究	(36)
第四节 单井间层序地层与沉积相之比较	(50)
第四章 东濮凹陷文东地区层序地层与沉积相研究	(56)
第一节 文东地区地震层序地层解释	(56)
第二节 文东地区沉积体系(相)平面展布特征	(58)
第三节 文东地区沉积体系(相)时、空演化分析	(87)
第四节 文东地区有利区带预测	(88)
第五章 东濮凹陷文东地区成藏动力学及其模拟分析	(92)
第一节 东濮凹陷文东地区成藏要素构成分析	(92)
第二节 东濮凹陷文东地区下第三系地层沉降速率分析	(95)
第三节 东濮凹陷文东地区成藏动力学及盆地模拟概述	(108)
第四节 东濮凹陷文东地区盆地模拟地震剖面的选取及数据采集	(119)
第五节 东濮凹陷文东地区温压场及流体势演化模拟结果分析	(126)
第六节 沉降史与成藏条件的综合分析	(171)
第六章 东濮凹陷文东地区地震综合解释技术的应用与成果	(174)
第一节 文东地区油气地质特征与成藏条件	(174)
第二节 地震综合解释研究	(175)
第三节 储层精细描述及预测研究	(182)
第四节 勘探目标评价	(194)
第五节 结论与认识	(198)
第七章 主要结论与建议	(199)
主要参考文献	(202)

第一章 研究内容与技术路线简介

本书以东濮凹陷文东地区为研究工区,以天然气勘探与潜力评价为研究的主要内容,应用新思路、新方法、新技术,以层序地层学、油气成藏动力学、盆地动力学为研究的主要方法基础,充分应用已有的地震、地质、分析化验资料,补充部分新资料,以沉积—构造研究为起点和支撑点,以成藏动力学研究为主线,同时应用盆地模拟技术,对濮阳凹陷的文东地区在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行系统、全面的分析与总结,目标之一是为找寻新的勘探领域服务,同时进行油气成藏条件分析及潜力评价。

第一节 层序地层学与成藏动力学研究的意义

1.1 层序地层学研究的必要性

基于层序地层学的进一步发展、高分辨率地震资料的采集和处理水平的提高,于20世纪90年代兴起的集高分辨率技术、高精度层序分析、高频层序单元分析和坡折带理论于一体的高精度层序地层学,以其在油气勘探中能进行具体的目标的精细预测、实际应用效果显著、且已经勘探开发的实践所证实而引起国际石油地震与勘探领域专家和学者们的重视(Posamentier H,1996,1999;Mitchum R M, Van Wagoner Jr and J C,1991;Galloway W E,1989;李思田,2000)。目前在国内、国际上,人们越来越多地接受了EXXON公司研究组的高精度层序地层学的理论体系和研究方法。以EXXON公司的层序地层研究组为代表,应用不整合界面和与之对应的假整合、整合界面为层序边界开展研究的,其宏观、微观的结合研究、不同级别的等时地层格架的建立以及对油气勘探指导的实效性的被证实等均显示了其生命力。基于高精度层序地层分析的思路与原理在沉积相分析、储层预测、盖层研究及其相应的成藏条件分析工作均取得了重要进展。近十年来全球范围的油气勘查无论在陆上还是在海上层序地层学的应用均取得了巨大的成功。当今重点已向高精度储层层序地层学发展。

我国的石油产能90%以上来源于于中生代内陆盆地,这些盆地又大多处于裂谷、前陆等活动的构造背景。当今国际上层序地层学的实践经验主要出自与海相地层有关的盆地,陆相盆地的层序地层研究仍然处于薄弱环节。“九五”期间我们在东营凹陷的研究中探索了一套适合陆相地层中应用的行之有效的方法,并建立内陆断陷盆地的层序地层模式,以进行储集体的预测。而就文东地区而言,目前开展岩性—地层油气藏(隐蔽油气藏)的找寻是增储上产的重要途径。岩性—地层油气藏指采用目前技术手段尚不易认识和找到的各种非构造油气藏。世界高研究程度盆地的勘探经验业已证明:岩性—地层油气藏(隐蔽油气藏)含有丰富的油气资源,具有巨大的发展潜力。我国陆相沉积本身存在岩性岩相的频繁变化,生储油层系纵向间互平面穿插发育的特点,为隐蔽油气藏的形成创造了条件。而我国的陆相含油气盆地层序地层研究作业已表明它们多发育有多种类型的低水位体系域、高水位体系域及湖扩体系域的储集体,尤其是低水位体系域的储集体的空间展布具有一定的隐蔽性,又常常位于盆地的中央区或

构造的低部位,导致长期以来未得到勘探方面的足够重视。再者,我国陆相盆地特别是东部各油田经过长期的勘探开发,大都已进入成熟勘探阶段,寻找岩性-地层油气藏(隐蔽油气藏)已成为增储上产的重要途径之一。

目前岩性-地层油气藏的研究方法和勘探技术手段较多,如地质学方法方面有岩性-古地理学方法、古地貌学方法、层序地层学方法等;在地球物理方法方面有地震、电法、重磁力勘探等技术;在深层钻井、放射性地球化学、水文地质及其它方面也有多种直接找油气的技术手段;此外,油气层识别技术(特别是低孔、低渗和低显示油气层)等更是常常应用于岩性-地层油气藏的找寻与勘探工作中。综合应用上述地质、钻井和地球物理等新技术在寻找隐蔽油气藏的工作中具有很大的前景。

1.2 成藏动力学及盆地模拟研究的现实意义

沉积盆地内部油气生成、运移和聚集相互联系并共同受控于盆地发育演化的深部过程、动力学背景及其发展演化的阶段性:盆地形成演化的深部过程和动力学背景决定了盆地演化的阶段性及盆地的构造格架和背景热场,并与全球海平面升降、物源区分布等因素共同决定了源岩、盖层和储层的时空分布;盆地充填岩性、沉降速率决定了压力的演化,而压力不仅为流体的运移提供了动力,而且在一定条件下可成为影响有机质热演化和油气生成过程的重要化学动力学因素;流体的运移不仅是压力和有机质成熟的结果,而且是热能的重要载体,因此流体的运移和聚集将引起热场的叠加,从而对有机质热演化和油气生成作用产生重要的影响;在盆地内,输导系统内油气的运聚形成自源油气藏,而盆地的断裂网络及不整合面的发育构成不同输导系统流体的汇聚途径,从而决定了复源油气藏的形成和分布。

成藏动力学是综合利用地质、地球物理、地球化学手段和计算机模拟技术,在盆地演化历史和输导系统中,通过能量场演化及其控制的化学动力学、流体动力学和运动学过程分析,研究沉积盆地油气形成、演化和运移过程和聚集规律的综合学科(Perrodon, 1980; Magoon *et al.*, 1992)。其研究的基础是盆地动力学,即盆地演化历史和流体输导系统;其研究的核心是能量场(包括温度场、压力场、应力场)演化及其控制的化学动力学和流体动力学过程;其研究内容包括成藏空间和成藏物质基础、成藏过程和控制因素、成藏流体分析等方面;其研究方法分静态分析和动态模拟两个方面。

成藏动力学是当前石油地质领域研究的热点,它以研究油气成藏过程为核心,以解决油气勘探的实际问题、指导油气勘探开发实践为目的。从理论上讲,进行成藏动力学及成藏条件的研究,有助于探求油气生、储、运、聚、保等动力学的过程,有助于揭示油气成藏的各种规律性,同时,该研究涉及了沉积学、地球化学、地球物理学和流体地质学等多学科的内容,且得益于计算机技术的应用,是一个系统工程。在实践中,它促使人们在研究问题的思维上从二维走向三维或四维,从静态研究走向动态过程分析,从单项分析走向综合研究领域,从定性走向定量的同时,更强调动态可视化的再现过程;引导人们在使用现代化研究手段的同时去进一步开发与完善它们,促进学科的发展和新技术、新手段的不断涌现,因而促进了该领域的不断进步。

盆地模拟是其动态研究盆地油气成藏过程的一种不可缺少的重要方法,作为一种实用的勘探技术,是油气资源评价的有效方法,是地质研究的辅助手段和有利工具,是实现含油气盆地定量分析的重要途径,同时也为石油地质学家认识和再现地质历史中油气成藏的化学动力学和流体动力学过程提供了有效的工具(王明君、吴河勇等, 1999)。

由于地质过程(例如,盆地沉降过程、沉积压实过程、油气生成、运移与聚集过程等)难以在实验室条件下进行模拟,所以应用计算机并采取一些数学方法来模拟这些过程就成为一种必然,这正是盆地模拟技术不断发展,并越来越受到广大地质学家重视的原因。盆地模拟是盆地参数的定量化、盆地各种地质过程的动态仿真。其作用不仅是一种动态的描述,而且是地质模型和地质解释的验证或“实验”过程,地质学家可以从中得到启迪,从而具有重要的预测作用。盆地模拟技术是当前石油地质领域内的重大热门课题,盆地模拟是以地质时间为序列,综合考虑地质、地球物理、地球化学、岩石热力学、渗透力学等多种因素,在空间上定量再现盆地的构造发育史、沉积埋藏史、热演化史和油气生成、运移聚集史(Perrodon,1983;England,1988;Allan,1989;王明君、吴河勇等,1999;吴冲龙等,2000)。

盆地模拟包含着3个模型的建立和转换验证过程,即地质模型、数学模型和计算机模型的建立和转换。3个模型的建立和相互转换,构成了统一的盆地模拟过程,只有建立一个好的、符合实际的地质模型,把它数学模型化,并在计算机上加以实现,而且与实际符合,才算一个完整的盆地模拟过程。

另外,从成藏动力学入手,在裂陷盆地中,进行古构造格架和形成机制、同沉积构造演化史及构造对碎屑沉积体系控制研究是找寻新的勘探领域的重要研究内容之一,亦是开展成藏动力学研究的重要基础。地震反射特征研究,不整合界面的性质、追索、对比、剥蚀量分析,构造地层分析,盆地沉降史回剥研究等的综合应用是阐明同沉积构造性质与演化史的有效方法。盆地沉降史与拉伸系数、热特征的盆地定量动力学模拟,可以提供动态过程,并提供一系列与盆地演化有关的定量参数。对断裂性质、配套关系以及对主要间断面的系统研究可以建立盆地的古构造格架。根据火山岩岩石化学常量与微量元素,特别是REE指数、盆模及地球物理成果对盆地深部特征进行分析计算,以确定控制沉降、反转和热体制的深部因素,探讨其与油气的生储盖关系,并进一步服务于成藏动力学分析。

等时地层格架研究仍是该课题的重要基础。在层序界面识别与追索、结合连井地震剖面解释的沉积断面网络以及典型测井曲线和岩相柱状和合成地震记录界面对比的基础上,开展地质事件分析,定量计算各套地层的沉积速率的空间变化,结合构造-地层分析,识别与建立研究区的地层格架的演化格局,并结合沉积充填特征来研究不同类型的油气输导体系(不整合面、主要断裂、输导层等)与油气运、聚、富集关系,建立油气成藏模式。

对目的层进行沉积体系、沉积相的研究与编图的同时,确定古构造对沉积体系的控制关系,理出与油气生成、运移和聚集密切相关的输导体系的格架,将无疑为进一步分析其输导条件及流体场的构成样式有重要的帮助。以研究区重点区块的有利地质体(主要间断面、沉积砂体等输导层、特殊地质体等)为重点,研究生储盖的配置关系、油气的运移、聚集与封堵条件及其时空配置关系,进而探讨油气的成藏条件与分布规律。

分析凹陷的今、古地温场的分布特点,能够探讨异常温、压场的成因机制。例如,利用测井、测试及各种资料计算与模拟异常压力,确定其空间展布特征和在时间上的演化样式,试图总结不同油气聚集带的压力特点,进而探讨压力与油气运移、聚集的关系,确定研究区流体势的分布状态,目的是服务于油气成藏条件综合分析和对新的勘探领域或有利区带进行预测。

第二节 从层序地层学入手的研究内容

2.1 主要间断面研究与等时地层格架的建立

层序界面识别与追索:结合连井地震剖面解释的沉积断面网络、典型测井曲线和岩性柱状及合成地震记录界面的对比,确定各级层序界面和主要间断面。

地质事件分析:利用岩芯、测井曲线以及生物地层对比、高频旋回沉积速率延续时间的定量计算,确定各层序界面的成因和对它们代表的地质事件进行细致研究。

层序地层格架的建立及层序样式的确定:结合构造-地层分析,建立研究区的层序地层格架,划分三级层序的体系域构成特点,建立研究区的高精度层序地层对比格架,并结合沉积充填特征确定出不同的层序样式类型。

2.2 识别研究区各个阶段沉积体系的时空展布特点及典型砂体预测研究

在已建立的等时地层格架内,在研究区块进行主要的沉积体系研究。主要依据钻井和测井曲线资料,结合其它分析测试结果,识别和确定各主要沉积体系和成因的鉴别标志,探讨各类砂体的储集条件、物性特征;探讨潜在的新的勘探领域的部位与空间规模,并对可供勘探的新目标进行评价。

第三节 从成藏动力学入手的研究内容

3.1 研究不同类型的油气输导体系与油气运、聚关系,建立油气成藏模式

对目的层进行体系域和沉积体系研究与编图的同时,确定古构造对沉积体系的控制关系,理出与油气生成、运移和聚集密切相关的输导体系的格架(不整合面、主要断裂、输导层等),并进一步分析其输导条件及流体场的构成样式。

以文东地区的有利地质体(主要间断面、沉积砂体等输导层、特殊地质体等)为重点,研究生储盖的配置关系、油气的运移、聚集与封堵条件及其时空配置关系,进而探讨油气的成藏条件与分布规律。

3.2 分析凹陷的今、古地温场和异常压力的时、空的演化样式

根据地震速度、波阻抗,结合钻井实测常压力与正常压力界面的判别和利用测井、测试及各种资料计算与模拟地层压力,确定其空间展布特征和在时间上的演化样式,试图总结不同油气聚集带的压力特点,进而探讨压力与油气运移、聚集的关系,确定研究区流体势的分布状态,目的是服务于油气成藏条件综合分析、对新的勘探领域和有利区带进行综合评价。同时分析研究区(凹陷)的今、古地温场的分布特点,着重探讨异常温、热场的成因机制。

3.3 从盆地模拟回剥技术应用入手的研究内容

研究以同生断裂的发育特征及其对沉积体系的控制作用,并应用沉降史回剥法、拉伸系

数、热特征等分析(使用 Basin II 盆模系统)进行定量动力学模拟与计算,再现研究区(凹陷)的演化史及其与油气成藏的关系。

3.4 地震综合解释

针对前梨园洼陷构造储层特点,根据地震、测井、地质相的研究,首先优选有利目标区作进一步的精细研究;对以构造为主要目标的区块,应用复杂小断块构造精细解释技术,进行精雕细刻解释,对构造加以准确落实;对于构造-岩性复合油气藏,则分别应用构造精细解释技术和储层预测配套技术,进行综合解释;最后利用地震综合解释的多种成果对目标区进行综合评价,预测钻探目标,进行钻探。

第四节 采用的技术路线和技术关键

4.1 采用的技术路线

(1)在研究区进行测井、岩芯和地震的综合研究,识别古间断面,进行追索、对比,建立全区可供对比的层序地层格架。

(2)构造研究以同生断裂及其对沉积体系的控制为重点,并进行沉降史回剥法、拉伸系数、热特征等的研究,且用盆模系统进行定量动力学模拟。

(3)对研究区已发现的油气圈闭进行典型解剖,以重点区块的有利地质体(主要间断面、沉积砂体等输导层、特殊地质体等)为重点,研究生储盖的配置关系、油气的运移、聚集与封堵条件及其时空配置关系,进而探讨油气的成藏条件与分布规律。

(4)油气成藏条件研究的重点是古温压场的动态研究。根据地震速度、波阻抗,结合钻井实测常压力与正常压力界面的判别和利用测井、测试及各种资料计算与模拟异常压力,确定其空间展布特征和在时间上的演化样式,试图总结不同油气聚集带的压力特点,进而探讨压力与油气运移、聚集的关系,确定研究区流体势的分布状态,目的是服务于油气成藏条件综合分析、对新的勘探领域和有利区带进行综合评价。

(5)地震综合解释技术思路:针对前梨园洼陷构造储层特点,树立多学科综合协同研究的思想,在现代沉积学、层序地层学理论指导下,在扎实可靠的资料基础上,根据地震、测井、地质相的研究,首先优选有利目标区作进一步的精细研究;对以构造为主要目标的区块,应用复杂小断块构造精细解释技术,进行精雕细刻解释,对构造加以准确落实;对于构造-岩性复合油气藏,则分别应用构造精细解释技术和储层预测配套技术,进行综合解释;最后利用地震综合解释的多种成果对目标区进行综合评价,预测钻探目标,进行钻探。

4.2 技术关键

(1)首先采集代表性钻井岩芯样品,进行沉积学的研究工作。

(2)应用层序地层学、油气成藏动力学、盆地动力学等方法基础,充分应用已有的地震、地质、分析化验资料,补充部分新资料,对研究区在沉积、构造、热演化、油气的生储盖与油气藏分类等方面进行系统、全面地分析,目标之一是为找寻新的勘探领域服务,同时进行油气成藏条件分析。

(3)应用构造精细解释技术和储层预测配套技术,进行综合解释;最后利用地震综合解释的多种成果对目标区进行综合评价,预测钻探目标。

第二章 东濮凹陷文东地区地质特征概述

第一节 东濮凹陷构造地质特征

东濮凹陷地处我国中原地区,横跨河南及山东两省,位于豫东、鲁西南之黄河两岸,包括濮阳、清丰、范县、长垣、滑县、兰考、菏泽、东明和莘县九个县市。地理位置为东经 $114^{\circ}22'$ ~ $115^{\circ}40'$, 北纬 $30^{\circ}40' \sim 35^{\circ}57'$ 。

1.1 东濮凹陷构造地质特征

在构造位置上,东濮凹陷属华北地台渤海湾含油气盆地南缘临清凹陷的东南部。东侧以兰聊基底断裂为界与鲁西隆起上的菏泽凸起相邻,西侧以长垣基底断裂为界与内黄隆起相接,南隔兰考凸起与开封坳陷为邻,北以马陵断层为限与临清凹陷内的莘县凹陷相望。凹陷呈北东向,长约 160km,宽约 70km,面积约 $5\,300\text{km}^2$ (图 2-1-1)。

1.2 盆地断裂系统与内部构造单元

东濮凹陷是一个典型的断陷盆地,区内断裂极为发育,盆地的整个演化历史都与断裂活动密切相关。东濮凹陷是由 NWW、NEE 两大构造体系叠加、复合形成的。NWW 向构造形成时间早,在早第三纪活动强度减弱,但影响深远,对沉积、构造演化具有控制作用。NEE 向构造在早第三纪活动强度大,与 NWW 向构造叠合加强,形成了统一的 NEE 向断陷盆地,可见“南北分区、东西分带”的构造格局是它演化的必然结果。由于这两大构造体系在平面上各自特征的变化,在叠加作用中就形成多个各具特色的构造单元,即平面上分异性大,具多沉降中心。

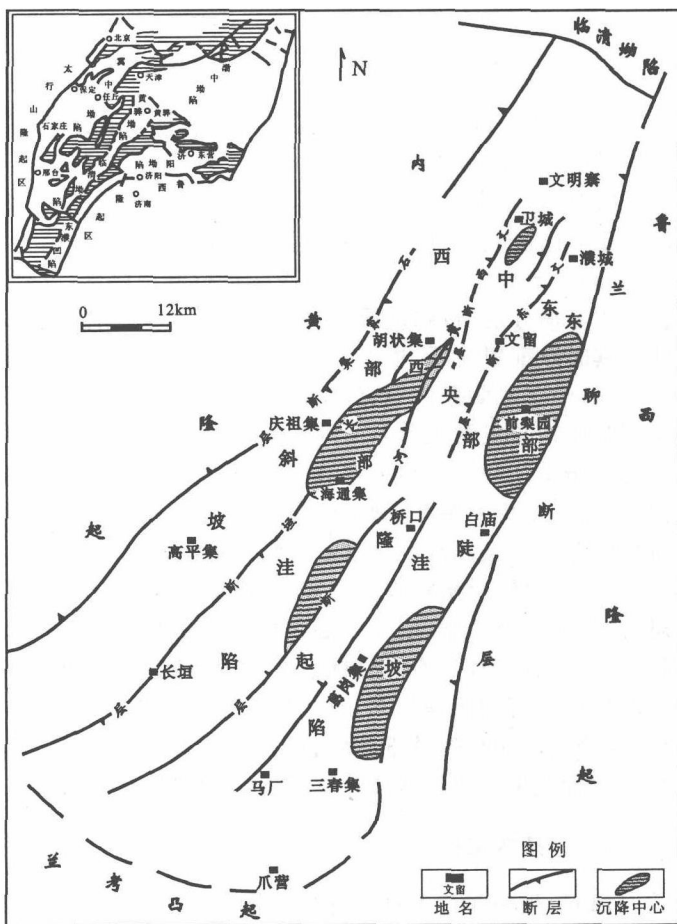


图 2-1-1 东濮凹陷大地构造位置图

东濮凹陷内部由 5 个次级构造单元组成,即东侧陡坡带、东部洼陷带、中央隆起带、西部洼陷带和西侧缓坡带。不同的构造单元,其砂体分布、沉积体系以及储层性质明显不同,显示了构造对沉积和储层性质的控制作用。张性断块活动和不均衡的断块翘倾作用是该凹陷构造运动的主要形式。兰聊断层和长垣断层控制了凹陷的形成和演化,文东、文西断层影响着黄河北地区中央隆起带的形成,黄河断层则对黄河南地区的中央隆起带产生影响。除北东向构造外,还有属于派生的北西和东西向构造。次级断层的形成把盆地进一步分成隆中有洼、洼中有隆的构造格局。相对而言,南区(黄河南)的基底和表层构造远较北区(黄河北)复杂,从而造成南、北区沉积砂体、储层性质、油气形成条件和富集程度差异甚大。

1.3 盆地构造演化

和渤海湾大陆裂谷系盆地中的其它凹陷相似,东濮凹陷从形成到消亡经历了裂陷(孔店组 Ek 开始)到拗陷两大构造旋回(即 Ek—Ed, Ng—Q)和五个演化阶段(据徐振强等,2002)。

1.3.1 初陷期(Ek—Es₃)

此时期为湖盆雏形期。东界兰聊断裂的活动使凹陷略呈北东倾单斜(箕状)。湖盆地势较平坦,水体分布范围广,因此,沉积体系单一。沙四期结束时,凹陷已是双断式地堑盆地。基底向东北倾斜的幅度达到最大,其不平衡的差异断块活动也加剧,从而使统一的洼陷(首先是北部洼陷)解体,两洼一隆的构造格局初具雏形。此时气候干燥,近物源的短河流发育,形成一套以物理风化为主,快速堆积的陆相红色碎屑沉积物,其中主要是堆积相、冲积扇、季节性河流和小型沼泽沉积,构成冲积—湖沼沉积组合。湖盆东西两侧冲积扇发育,多沿山麓分布。在沙四段沉积时,地势复杂,气候干燥,湖盆分割,在北部表现为一套湖相为主的沉积。

1.3.2 深陷期(Es₃)

Es₃ 段沉积时期,东濮凹陷的控盆断裂大规模活动,造成了盆地与边缘(凸起)之间较大的地形高差,尤以东侧山系陡峭,坡度较大,西侧次之,南北两侧较缓。兰聊断层、长垣断层和黄河断层活动强烈,纵贯盆地南北的两洼(东、西洼陷)一隆(中央隆起带)的构造格局完全确立。构造形态较前更为复杂。由于受控于兰聊断层活动的基底形态的不同,黄河南地区的构造展布显得更复杂。表现为隆中有洼、洼中有隆的局面。湖盆周缘为众多山系所围,构成“高山深盆”的古地理景观。该时期的沉降中心或沉积中心在前梨园洼陷、葛岗集洼陷、柳屯洼陷和海通集洼陷。深陷期是凹陷主要的含油气组合形成时期。在此时期,整个湖盆面积达 4 300km²,最大沉积厚 3 250m,无论从水域面积或水体的深度看,沙三期都是第三纪湖盆最大的时期。大面积的湖侵加之古气候潮湿及充足的物源,为湖盆三角洲的形成创造了有利条件,发育了陈营—卫城,老里集—三春集等三角洲沉积。

1.3.3 收缩期(Es₂—Es₁)

区域应力场由沙四期的拉张应力场变为近东西向的剪切拉张应力场。盆地基底东西差异升降活动得到调整,中央隆起带相对上升的活动日趋停止,其形态基本定型。盆地发生萎缩,湖变浅,湖盆西部和南部边缘地区遭到不同程度的剥蚀。但也曾发生过小规模的水侵(Es₁)。

沉降中心位于前梨园洼陷和西部洼陷,沉积中心分布在文留、濮城和卫城等地区。湖盆与周缘物源区的地形幅度差异明显减小。

1.3.4 衰亡期(Ed)

兰聊、长垣、黄河三角洲断层的活动虽又加强,并在这些断层的下降盘快速堆积了巨厚(>2 000m)的沉积物。但湖水急剧退缩,以河流相充填占主导。华北运动Ⅱ幕使该区快速抬升,造成东营组区域性的剥蚀(声波时差法估算剥蚀地层厚度大于1km)。

1.3.5 拗陷期(Ng—Q)

华北运动Ⅱ幕之后,本区发生整体拗陷,沉积了厚度变化不大的河流相砂砾岩。

1.4 盆地主要断层特征

东濮凹陷四周均以断层与相邻构造单元分隔。控制现今凹陷内构造格局的主要有北北东(北东)向和北西向两个断裂系,它们相互截切,控制了本区的构造演化(图2-1-2)。

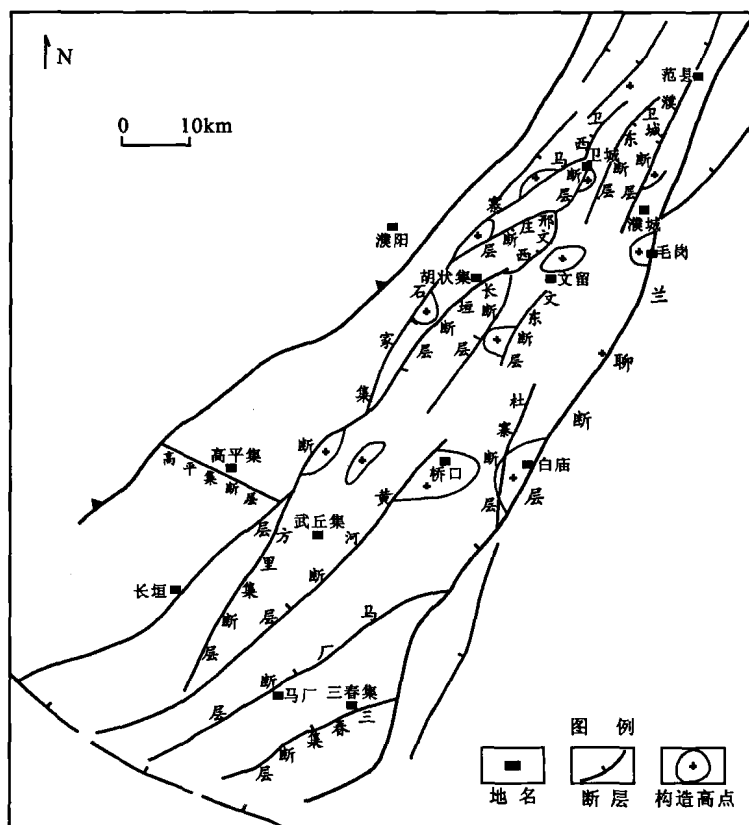


图2-1-2 东濮凹陷构造纲要图

1.4.1 北西向断裂系

北西向断裂系形成较早,是中生代时期由于古太平洋库拉板块向北西俯冲而产生的,具有多期活动的特点。它对油气的生成运移、聚集起着十分重要的作用,渤海湾盆地中油气富集的一个显著特点,就是东西分带、南北分区,造成这一现象的原因是北西向断裂系控制了各盆地早期的演化,然后叠加上北北东向断裂系造成的,因此这组北西向断层十分重要。

在东濮凹陷内,由于中生代后期的剥蚀削平,以及巨厚的下第三系覆盖,北西向断裂作用地震方法已难以发现,但在凹陷的翘起端、斜坡带仍较清晰,它们对东濮凹陷的形成演化起着明显的控制作用。

1.4.2 北东向断裂系

北东向断裂系是凹陷内占主导地位的构造体系,控制了现今盆地的构造面貌、沉积特征和油气富集,较重要的断层有如下几条。

1. 兰聊断层

兰聊断层是东濮凹陷的边界断层,与郯庐断裂带平行,NNE 走向,向北直达秦皇岛。在东濮凹陷长达 130km,基底最大落差 8 000m。剖面上呈上陡下缓,向深层滑脱,平面上分段性强,在南北形成东明集二台阶和龙王庄二台阶,东明集二台阶上有下第三系地层(E_{s3}^1 — E_d)分布,而龙王庄二台阶上是上第三系直接覆盖在中古生界上,反映了兰聊断层平面上活动强度、活动时间有差异,沙三期拉张作用较强,到晚期较弱,沙二—东营期则是拉张与挤压交替。

2. 杜寨断层

位于前梨园洼陷南部,从杜寨至白庙长约 30km,在白庙南与兰聊断层相交,主要活动时间是沙四—沙三 4 期,基底最大落差可达 1 500m,在白庙地区规模大,终止于沙二下,向北规模逐渐变小,终止时间早,消失于文东斜坡上。

3. 濮城断层

濮城断层长约 18km,平面呈西凸弧形,向南消失于文北地区,向北消失于濮卫次洼,形成于沙四期,对沙三期沉积控制作用强。

4. 文西断层

文西断层共两条,在平面上呈雁列式展布,形成于沙四末期,主要活动期是沙三期,控制沉积作用明显,活动强度北大南小,造成文留构造由北向南逐渐变低。

5. 文东断层

文东断层发育(E_{s3}^3 — E_{s3}^2),中间断层发育最早形成于沙三 3 期,南北两端支断层形成于沙三 2 期,具有明显的北强南弱特点,文东断层沙三期比沙二、沙一期活动强烈,控制沙三 2 期盐岩沉积。

6. 长垣断层

长垣断层走向北北东,倾向南东,平面上呈弧形,向南在庆祖集地区与石家集断层合并为一条,向北消失在柳屯洼陷,在胡庆地区长约 13km,断面南、北陡,断距小,中间缓,断距大(大于 1 000m),长垣断层的发育时间是南部发育早(沙三 2 中期),结束也早(东营末期);北部发育晚(沙三 2 后期),结束也晚,明化镇时期仍在活动。

第二节 东濮凹陷充填序列特征

东濮凹陷以中、古生界地层为基底,沉积了巨厚的新生界含盐碎屑岩。新生界地层包括下第三系沙河街组、东营组,上第三系馆陶组、明化镇组,第四系平原组,总厚度达 8 000m。地层发育特征见综合柱状图(图 2-2-1)。