

霸县凹陷文安斜坡构造特征及勘探潜力分析

张万福* 李晓恒 翟宪兰 王子英

刘彩凤 聂惠丽 周群

(东方地球物理公司研究院地质研究中心,河北涿州 072751)

张万福,李晓恒,翟宪兰,王子英,刘彩凤,聂惠丽,周群. 霸县凹陷文安斜坡构造特征及勘探潜力分析. 石油地球物理勘探,2012,47(增刊1):118~124

摘要 文安斜坡主要经历了两次反转和三期断裂活动,发育北东、北西和北东东向三组方向的断裂,南北分区特征明显。北部的苏桥地区发育北东和北西向两组断层,呈网状组合;中部史各庄地区发育北东东向断层,呈斜列展布;南部长丰镇地区发育北东向断层,呈平行排列。受断裂控制,文安斜坡发育了苏桥—信安镇断裂构造带、史各庄鼻状构造带、长丰镇—议论堡鼻状构造带。本文利用连片三维地震资料进行整体构造研究及勘探潜力分析后认为:霸县凹陷烃源岩厚度大、埋藏深,剩余资源量大;斜坡带潜山及潜山内幕发育多层系勘探目标,具有形成规模储量的勘探前景;斜坡内带发育深层规模致密砂岩油气目标,有望形成面积较大的源内深层低丰度致密砂岩规模油气藏;斜坡中外带地层岩性领域勘探前景良好,具备形成多层系油气叠合连片的地质条件。

关键词 文安斜坡 构造特征 潜山及潜山内幕 致密砂岩 地层岩性领域

中图分类号:P631 **文献标识码**:A

1 概况

文安斜坡位于霸县凹陷东部,整体构造面貌为

一个东抬西倾的斜坡,东到大城凸起,西至牛东断层下降盘,南以马西断层为界与饶阳凹陷相连,北以里澜断层为界与武清凹陷的杨村斜坡相接(图1),面积约为2000km²。

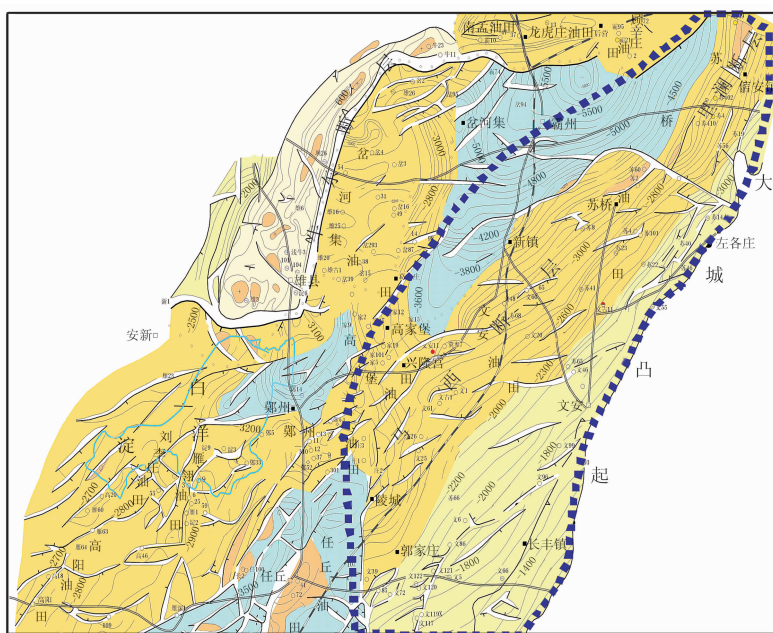


图1 霸县凹陷文安斜坡工区位置图(据华北油田资料)

* 河北省涿州市东方地球物理公司研究院地质研究中心,072751。Email: zhangwanfu01@cnpc.com.cn
本文于2012年8月10日收到,最终修改稿于同年11月9日收到。

文安斜坡经历多期次构造抬升、剥蚀,发育多个构造转换带,准确搞清构造间的转换关系及构造演化规律难度较大。斜坡带具有新近系、古近系、潜山及内幕等多套勘探层系,目的层埋藏深度差异大,储层岩性类型多,横向变化快(图 2),准确预测潜山及内幕碳酸盐岩非均质储层的缝洞发育规律很难,圈闭评价及成藏规律研究难度较大。

文安斜坡为霸县凹陷有利油气指向区,已发现议论堡、史各庄、左各庄和苏桥等油气田,构造圈闭勘探程度较高^[1]。近几年来大力开展风险勘探,先后钻探了 XL1、WG3、ND1 等风险探井,新发现了洼槽深潜山雾迷山组和斜坡带潜山内幕寒武系府君山组油藏,同时在深层沙四段一孔店组新发现了厚度较大的优质烃源岩层,打破了以往认为霸县凹陷深层优质烃源岩层是沙三段暗色油页岩,而沙四段和孔店组主要是红层,不具备生油能力的认识。XL1

并在沙四段一孔店组揭示暗色泥岩及碳质泥岩厚度为 574m,同时 ND1 井新揭示 XL1 井未钻达的沙四段一孔店组优质烃源岩厚度为 639m(4800m 深度以下至孔店组为 XL1 井未钻达的地层,暗色泥岩仍发育),有机质类型为 II₂ 型,达到中等—好烃源岩标准。霸县洼槽沙四段一孔店组地层厚度最大达 2000 余米,其中暗色泥岩最大厚度近千米(图 3)。利用动力成藏模拟方法对霸县凹陷的石油天然气资源量进行了重新复算,复算结果表明,剩余石油资源量较大,展现了斜坡带具有良好的勘探前景。为此,对文安斜坡进行了整体部署、整体研究、立体勘探。通过对以往单块三维地震资料进行叠后连片处理、解释、构造演化分析、沉积相研究、叠前储层预测,先后在文安斜坡内带致密砂岩、斜坡外带东营组河道砂和低幅度构造、斜坡带潜山缝洞体系等领域取得诸多新发现。

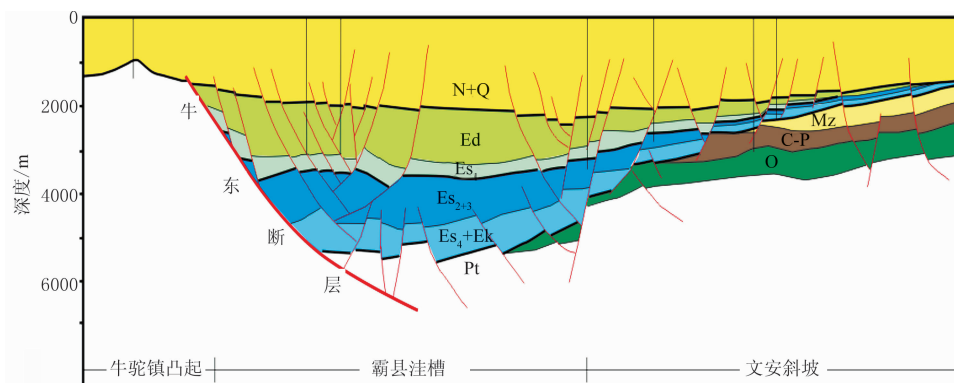


图 2 霸县凹陷地质结构剖面

Q+N:第四系+新近系; Ed:东营组; Es₁:沙一段; Es₂:沙二段; Es₃:沙三段; Es₄:沙四段; Ek:孔店组; Mz:中生界; C-P:石炭—二叠系; O:奥陶系; Pt:元古界

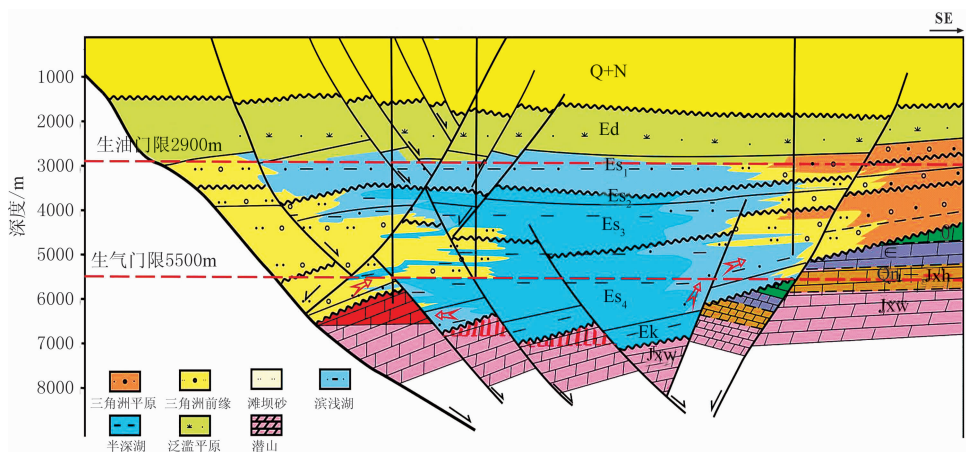


图 3 ND1-WA1 地质解释剖面(据华北油田资料)

Q+N:第四系+新近系; Ed:东营组; Es₁:沙一段; Es₂:沙二段; Es₃:沙三段; Es₄:沙四段; Ek:孔店组; O:奥陶系; ε:寒武系; Qn+Jxh:中上元古界青白口系+冀县系洪水庄组; Jxw:中上元古界冀县系雾迷山组

2 整体构造特征

2.1 断裂和构造特征

文安斜坡发育北东、北西和北东东向三组方向的断裂,南北分区特征明显。北部的苏桥地区发育北东和北西向两组断层,呈网状组合;中部史各庄地区发育北东东向断层,呈斜列展布;南部长丰镇地区发育北东向断层,呈平行排列。受断裂控制,文安斜坡发育了苏桥—信安镇断裂构造带、史各庄鼻状构造带、长丰镇—议论堡鼻状构造带(图4)。

2.2 构造演化特征

霸县凹陷新生代经历了三期较为明显的演化阶段^[2](图5、图6)。

(1)古近纪早期 霸县凹陷是古廊霸凹陷东部断槽区的一部分,牛东断层并不发育(牛驼镇凸起还未形成),孔店组—沙三段沉积时期南窄北宽的霸县洼槽呈近南北向展布,沿牛东断阶—■州潜山一线,发育南北向低隆起带,分隔了霸县洼槽与淀北次洼;斜坡带具有中部缓、南北陡的特点,斜坡带北部隆凹相间、沟槽发育,南部坡倾单一。

(2)古近纪晚期 是霸县凹陷的主要形成期,由于牛东断层活动剧烈,牛驼镇凸起逐渐形成,沙二段—东营组沉积时期洼槽转为北东走向,牛东断阶—■州潜山带被沙二段之后的沉积覆平;斜坡带北部披覆型鼻隆逐渐向单倾斜坡转化,斜坡带南部继承性坡倾变化不大。

(3)新近纪时期 伴随着牛东断层活动减弱,馆

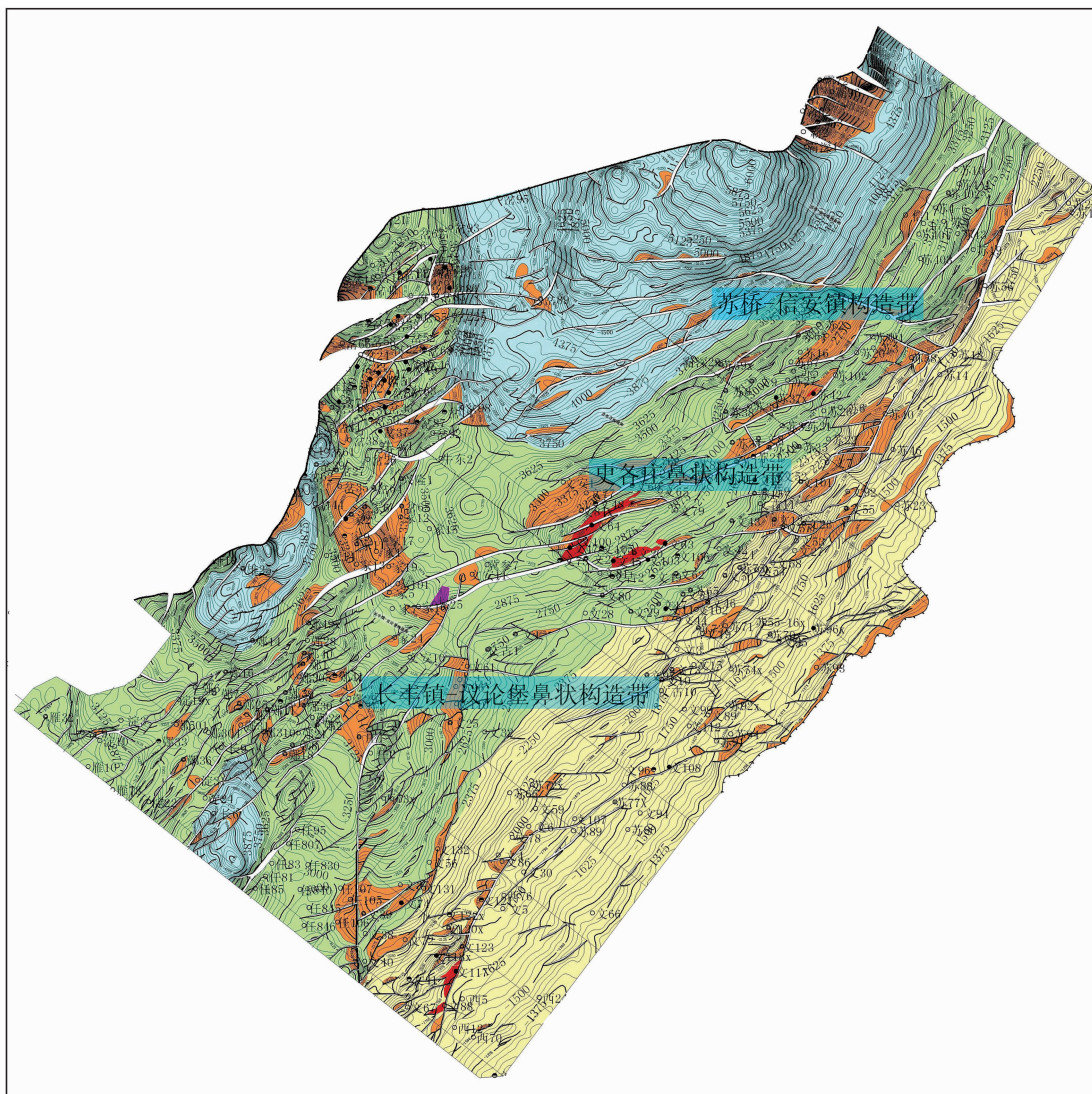


图4 文安斜坡沙一段底界构造图(单位:m)

陶组沉积之后的沉降中心继续向北迁移,沿盆地—高家堡—一线形成了近南北向的晚期逆牵引塌陷背斜正向构造带,分隔了霸县洼槽与淀北次洼;斜坡

带南端与之对应伴随发育了一个晚期鼻隆,与斜坡带北部的继承性鼻隆共同构成了文安斜坡弯绕的裙边状构造背景。

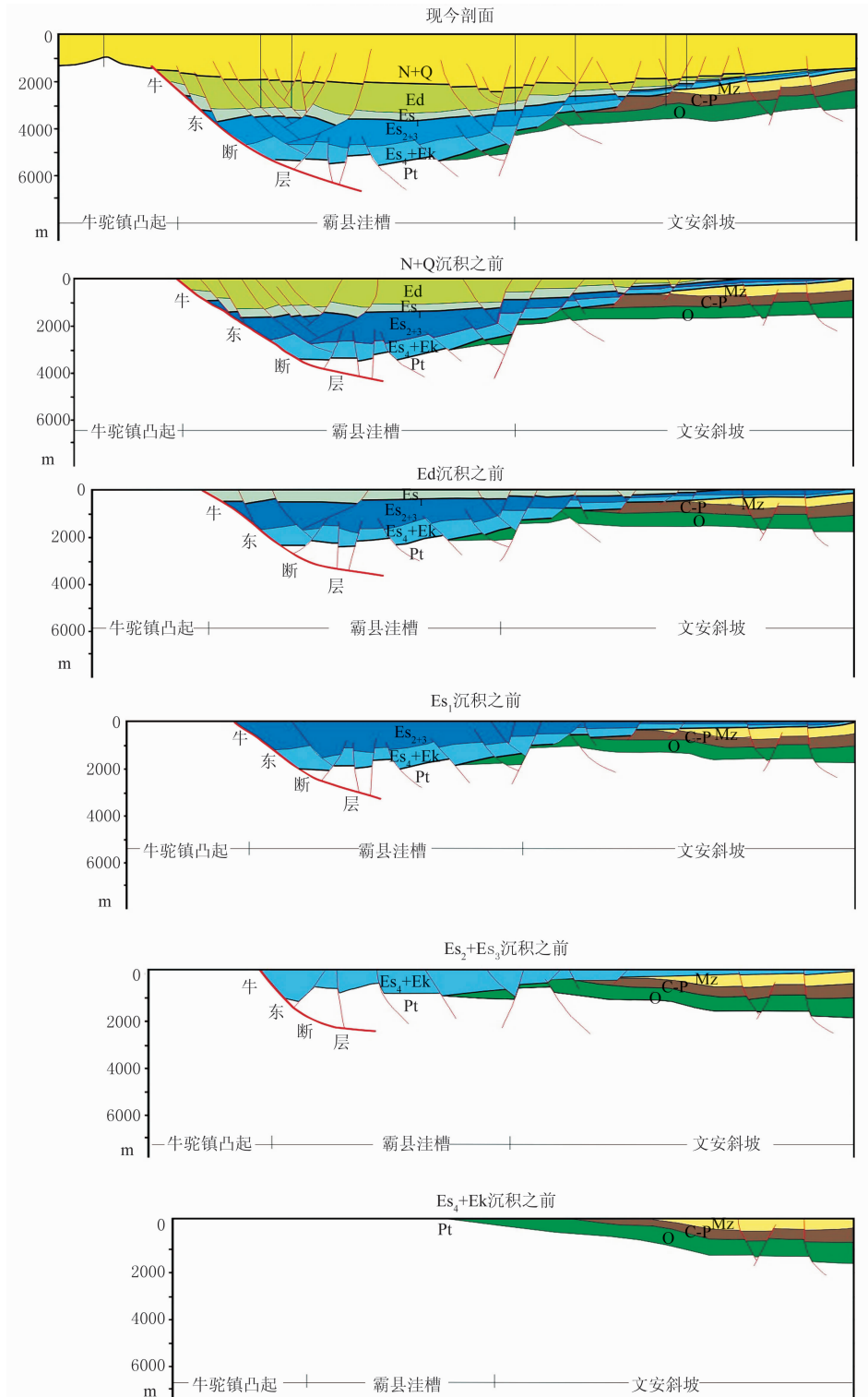


图 5 冀中拗陷霸县凹陷北部地区构造演化剖面

Q+N:第四系+新近系; Ed:东营组; Es₁:沙一段; Es₂:沙二段; Es₃:沙三段; Es₄:沙四段; Ek:孔店组; Mz:中生界; C-P:石炭—二叠系; O:奥陶系; Pt:元古界

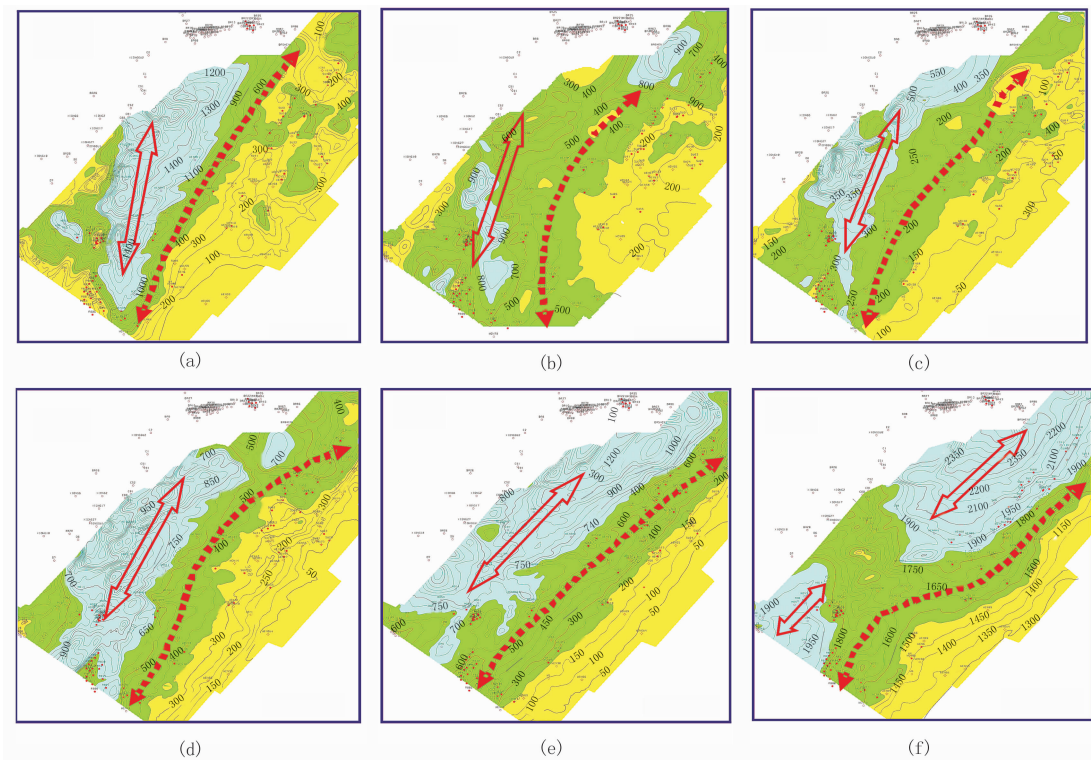


图6 文安斜坡各层系地层残余厚度图(单位:m)

(a)沙四段; (b)沙三段; (c)沙二段; (d)沙一段; (e)东营组; (f)馆陶组

3 勘探潜力分析

文安斜坡虽然整体勘探程度较高,但仍存在低勘探程度区带、层系和领域。例如文安斜坡中带勘探程度较高,文安斜坡内带和外带勘探程度相对较低;古近系中浅层的东营组一沙二段勘探程度较高,深层的沙三、沙四段及潜山、潜山内幕勘探程度较低;构造油气藏勘探程度高,地层岩性油气藏、潜山及潜山内幕的勘探程度低。分析认为,斜坡带潜山及潜山内幕勘探领域、斜坡内带深层致密砂岩勘探

领域、斜坡中外带地层岩性勘探领域均具有较大的勘探潜力。

3.1 斜坡带潜山及潜山内幕勘探潜力

文安斜坡潜山界面反映了燕山晚期所遗留下来的大范围剥蚀型不整合遗迹。潜山古地形西高东低,潜山出露地层西老东新^[3]。现今在新生代沉积斜坡带之下,存在着呈近南北向条带状展布的寒武系一奥陶系出露区,这一区域及周缘风化淋滤与断裂岩溶活动迹象明显,纵向似“串珠状”溶蚀特征在剖面上十分清晰(图7),钻井证实潜山内幕的隔层也配套发育。该异常区域侧向上与沙三段一沙四段

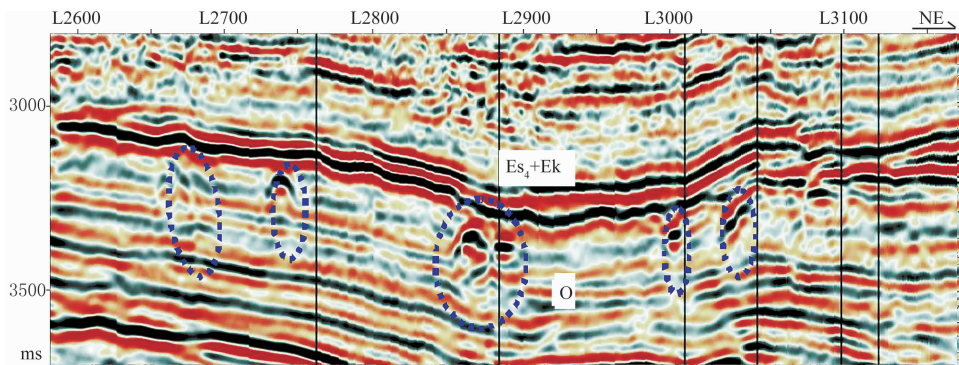


图7 反映文安斜坡奥陶系串珠状反射特征的地震剖面

深埋的烃源岩形成良好对接,新生代一直处于有利的油气指向区。其中 W47 井区、W77 井区和 S8 井西等岩溶裂缝区分布面积大、圈闭类型好、成藏条件优越(图 8),具备了形成奥陶系和寒武系府君山组碳酸盐岩层状缝洞型油气藏的成藏条件,其下部还发育有雾迷山组厚层碳酸盐岩储层,是下一步斜坡带潜山内幕勘探的重点规模储量目标区。

3.2 斜坡内带深层致密砂岩勘探潜力

文安斜坡新生代具有明显的继承性构造背景控制特征,沉积物源以大城凸起为主要供给区,沉积体系空间叠置性好,平面上具有东西分带、南北分区的

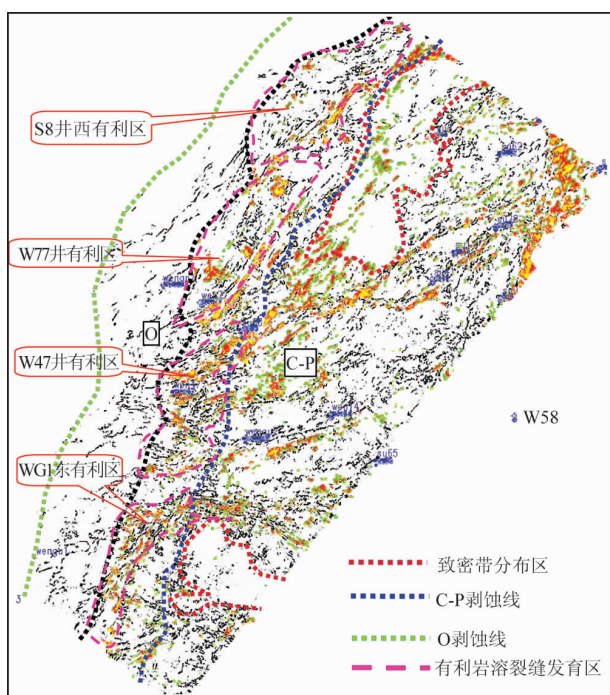


图 8 文安斜坡奥陶系上马家沟组地层相干切片(黑白)与方差振幅(彩色)叠合图

特点,是复合型隐蔽圈闭发育区^[4]。随着新生代时期凹陷的不断扩展,古近系一新近系向文安斜坡逐层超覆,在斜坡邻洼处到斜坡高部位发育上、中、下三组由西倾断层及构造挠曲控制的坡折带(图 9),平面上呈现断续延伸的雁列状展布,由西向东可将斜坡划分为内、中、外三个区带(图 10)。其中内带到中带的过渡区,古近系下部地层沉积相带和地层厚度变化大,是孔店组一沙三段地层的构造—岩性圈闭的有利发育地区。经 WA1 井钻探成功,证实该套层系具备了良好的成藏条件,有望形成面积巨大的源内深层低丰度致密砂岩油气藏规模储量区。通过精细解释发现并落实了该区深层构造—岩性圈闭 8 个,圈闭面积约为 304km²。

3.3 斜坡中外带地层岩性领域勘探潜力

在斜坡区中带到外带,古近系中、上部地层逐层超覆尖灭(图 11),而且现今构造发育史各庄和长丰镇两个较大规模的鼻隆构造背景。其中北部史各庄

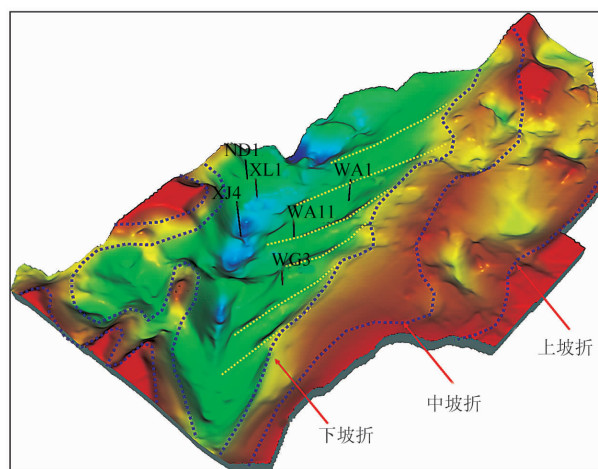


图 9 霸县凹陷沙四段地层沉积古构造背景图

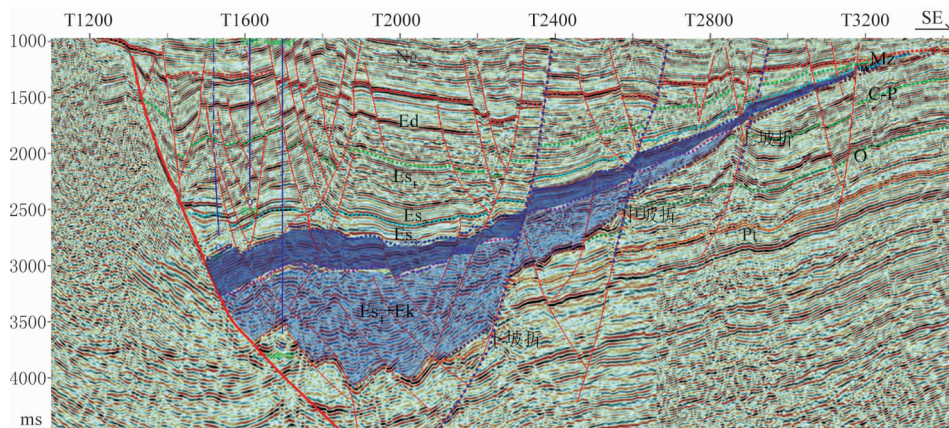


图 10 霸县凹陷地震剖面

鼻隆为早期发育的继承性鼻隆,其内部小型同沉积断层比较活跃,在古隆起坡折带和同沉积断层下降盘形成了多层同沉积超覆尖灭砂体^[5]。经地震、地质综合解释及钻探结果进一步证实,该构造背景上的地层和岩性圈闭非常发育并形成众多油藏,其周缘和纵向新层系是下一步扩大勘探的有利目标。南部长丰镇鼻隆位于分隔霸县洼槽与马西洼槽的■州转换带古构造背景之上,具有霸县洼槽和马西洼槽两个油源。由于横向转换带的控源作用,该区也是

多物源沉积体系交汇、叠置的最好部位,并且晚期北西向鼻隆轴向与高家堡—岔河集—■州复式连片含油气构造的主轴向一致,在古近系沉积砂体和延展较长的近东西向晚期断层有效配置下,形成了延伸较远的外带源外中浅层油气藏。近几年在长丰镇、史各庄等地区的勘探中,通过对沙二段—东营组钻探,发现并落实了亿吨级的规模储量。研究表明,该区仍然存在多类型的复合型圈闭,具备形成多层系油气叠合连片的地质条件。

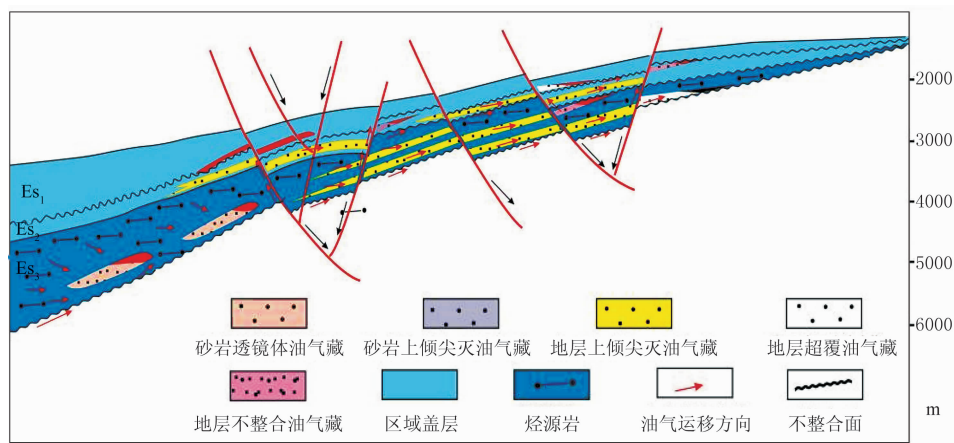


图 11 文安斜坡成藏模式(据油田资料)

4 结论

(1)文安斜坡构造主要经历了两次反转和三期断裂活动,断裂和构造具有明显的南北分区特征。

(2)文安斜坡奥陶系和寒武系出露区,首次发现似“串珠状”反射特征,预测缝洞体系发育,具备形成奥陶系和寒武系府君山组碳酸盐岩层状孔洞、裂缝型油气藏的成藏条件,是文安斜坡潜山及内幕勘探领域寻找规模储量的目标区。

(3)文安斜坡内带古近系下部地层沉积相带和地层厚度变化大,是孔店组—沙三段地层构造—岩性圈闭的有利发育地区,紧邻霸县生油洼槽,油气长期持续供给,具有形成面积较大的源内深层低丰度致密砂岩规模储量油气藏的有利条件。

(4)文安斜坡中外带发育史各庄和长丰镇两个较大规模的鼻隆构造背景,古近系中上部地层逐层超覆尖灭,地层—岩性圈闭非常发育,该区周缘和纵向新层系还存在多类型的地层—岩性复合型圈闭,具备形成多层系油气叠合连片的地质条件。

参考文献

- [1] 杜金虎等. 陆相断陷盆地油气藏形成与分布的“多元控油—主元成藏”特征. 北京:地质科学出版社,2006
- [2] 刘池阳等. 冀中拗陷构造演化研究及有利勘探区带选择(华北油田研究院内部报告),2000
- [3] 杜金虎,邹伟宏等. 冀中拗陷古潜山复式油气聚集区. 北京:科学出版社,2002年10月第一版
- [4] 王权,赵贤正等. 陆相盆地断陷洼槽区典型油藏成藏模式——以冀中拗陷和二连盆地为例. 中国石油勘探,2008(2):9~21
Wang Quan, Zhao Xianzheng et al. Typical reservoir forming patterns in sags in fault depressions of terrestrial basins—A case study of Jizhong depression and Erlia basin. *China Petroleum Exploration*, 2008(2): 9~21
- [5] 纪友亮,赵贤正等. 冀中拗陷古近系沉积层序特征及其沉积体系的演化. 沉积学报,2009,27(1):48~56
Ji Youliang, Zhao Xianzheng et al. Depositional architecture of paleogene system tectonic sequences and evolution of sedimentary system in Jizhong depression. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(1): 48~56

(本文编辑:刘勇)