

文章编号: 1000-074(2003)03-0039-05

济阳拗陷南部油气成藏特征对比分析

谭丽娟¹, 蒋有录¹, 刘华¹, 范存堂²

(1. 石油大学(华东); 2. 中国石化胜利油田地质科学研究所)

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA605A09)

摘要: 济阳拗陷南部的东营凹陷与惠民凹陷相邻, 成藏条件与油气富集特征既有相似性, 又存在较大差异。东营凹陷与惠民凹陷主力生、储油层系的岩性、层位基本相同, 圈闭及油气藏类型相似, 均具有两期成藏并以晚期成藏为主的特点, 均在凹陷中央形成中央隆起带, 并成为油气富集区带。东营凹陷与惠民凹陷面积相近, 但油气丰度悬殊, 东营凹陷探明储量大体为惠民凹陷的7倍, 其主要原因是虽然凹陷内部均发育多个次级洼陷, 但洼陷的演化历史存在较大差异, 尤其是惠民凹陷只有南部临南洼陷是继承性发育的深洼陷, 其它洼陷在古近纪后期沉降缓慢, 大大影响了有机质的成熟进程。凹陷沉降演化史不仅控制了烃源岩有机质的成熟演化, 对储盖条件也有重要影响。图4表1参16

关键词: 东营凹陷; 惠民凹陷; 油气成藏要素; 成藏过程

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 构造演化史对比

济阳拗陷南部相邻的东营凹陷和惠民凹陷地质结构相似^[1](见图1), 第三纪古地理古气候环境基本一致, 但构造作用控制的沉积-沉降演化史有差异。孔店组—沙四段沉积期, 东营凹陷的地堑式博兴洼陷和半地堑式利津洼陷各自独立发育, 中央断裂背斜带开始出现雏形; 惠民凹陷该阶段的沉积主要受滋镇洼陷北部的基山—郑店断裂控制, 临商断裂带和夏口断裂带尚未成为控洼断层, 临南洼陷和滋镇洼陷连为一体, 水体北深南浅^[2]。沙三段沉积期, 东营凹陷和惠民凹陷均处于快速伸展断陷期, 形成大面积深水湖盆, 东营凹陷中央隆起带上升幅度加大, 博兴洼陷抬升, 以辛镇—现河庄—梁家楼为界, 南部出现牛庄洼陷, 北部为利津

洼陷和民丰洼陷, 形成3个沉积中心; 该阶段惠民凹陷基山—郑店断裂的控制作用减弱, 滋镇洼陷沉降幅度减小, 初步形成水下中央隆起, 临商断裂带和夏口断裂带活动逐步加强, 临南洼陷沉降幅度增大。沙二上亚段至东营组沉积期伸展裂陷活动减弱, 济阳拗陷水域扩大但水体变浅, 湖盆萎缩, 凹陷基本保持前期形成的构造格局, 东营凹陷中央隆起带定型。东营组沉积期末的东营运动使两凹陷整体抬升, 之后进入缓慢沉降阶段, 许多断裂逐渐停止活动, 但一些主干断裂的微弱活动一直延续到新近纪。

两个凹陷中的小洼陷可分为继承性洼陷和先降后衰性洼陷。前者从沙四段至东营组沉积期稳定下沉, 发育巨厚沉积物, 东营凹陷的4个洼陷(博兴、民丰、牛庄、利津)和惠民凹陷的临南洼陷属于此类; 后者在沙

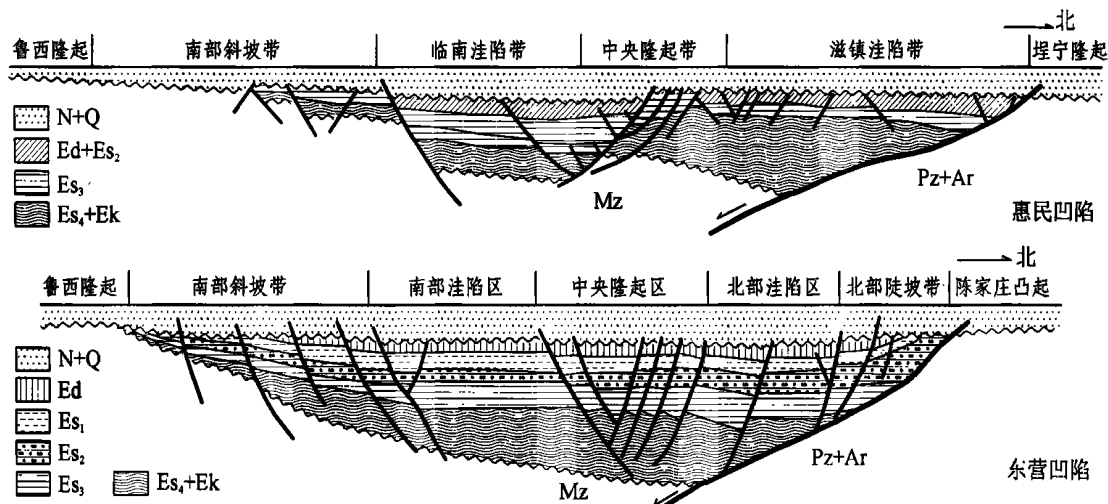


图1 东营凹陷和惠民凹陷构造剖面图

四段至沙三下亚段沉积期快速沉降,之后至古近纪末沉降缓慢,沉积物厚度及暗色泥岩厚度均较小,从而大大影响了沙四段、沙三段烃源岩的成熟演化,惠民凹陷的阳信和滋镇洼陷均属此类,导致其烃源岩未达生油门限深度。

东营凹陷岩浆岩主要分布在凹陷南缘和西北缘,孔店组—沙一段沉积期有6期火山活动^[3]。馆陶组沉积之前的5期火山活动均发生在第一期生油之前,多期间歇性火山活动为第一期生烃提供了更多的热源,岩浆岩可以成为特殊类型储集层,对油气的形成和成藏有促进作用;馆陶组沉积期的火山活动对早期油气

藏可能有破坏作用,但为第二期成藏(主成藏期)提供了热能、储集空间和运移通道。惠民凹陷岩浆活动集中在沙三段—东营组沉积期,其岩浆活动比东营凹陷更频繁、规模大,多期火山活动形成的火成岩主要分布于中央隆起带的中东部及北部的阳信洼陷,明显受断层活动控制^[4],对油气成藏起促进作用^[5]。

2 成藏基本要素对比

2.1 油源条件

东营和惠民凹陷的主力烃源岩都是沙三段和沙四段暗色泥岩和油页岩(见表1、图2)。

表1 东营凹陷和惠民凹陷烃源岩厚度及有机质类型、丰度、生排烃强度汇总表

烃源岩指标	凹陷	烃源岩层位			
		沙三上亚段	沙三中亚段	沙三下亚段	沙四上亚段
油页岩厚度(m)	东营	全区0~60,民丰最厚80,利津最厚120			0~30,最厚45
	惠民	临南、滋镇、阳信分布较均匀,20~100,临南最厚120			阳信0~25,临南0~20
暗色泥岩厚度(m)	东营	100~300,最厚400,主要在利津	广泛分布,150~400,最厚500	全区分布均匀,100~200	100~200,最厚300
	惠民	主要分布在临南,100~250,最厚300,阳信、滋镇50~100	主要见于临南,100~200(最厚250),阳信50~150,其它洼陷少	阳信100~250(最厚300),临南50~200,其它洼陷无	阳信100~350(最厚400),滋镇100~250(最厚350),临南约100
干酪根类型	东营	II ₂ 型为主,南部少量II型	I型为主,牛庄少量II ₁ 型	I型为主,南部少量II ₁ 型	I型为主,博兴东南II型
	惠民	临南、阳信I型为主,滋镇II ₁ 型	阳信、临南、滋镇洼陷中心I型,其余II ₁ 型	I型为主	阳信、滋镇、临南洼陷中心I型
TOC(%)	东营	1.0~2.0	1.6~3.0	1.0~4.0,最大5.0	1.0~4.0,局部5.0
	惠民	阳信1.0~3.0(最大4.0),临南1.0~2.0	阳信0.6~4.0,临南1.2~2.0	阳信、临南1.0~4.0	阳信0.8,滋镇、临南等0.6~1.0
生烃强度(10 ⁴ t/km ²)	东营	博兴50~100,利津50~300(平均200)	民丰、利津100~800,博兴100~200	博兴100~600,民丰、牛庄50~400,利津400~1600	博兴100~600,利津60~1600,民丰、牛庄100~800
	惠民	临南50~400,平均250	临南50~400	阳信50~250,滋镇50,临南50~1200	阳信、滋镇、临南50~200
排烃强度(10 ⁴ t/km ²)	东营	利津20~60,博兴10~20	利津、民丰、牛庄30~200,博兴10~50	博兴50~100,利津150~350,民丰、牛庄50~150	20~150,利津最大400
	惠民	临南10~100	临南30~150,阳信10	临南50~350,阳信10~50,滋镇10	临南10~40,阳信、滋镇10~20

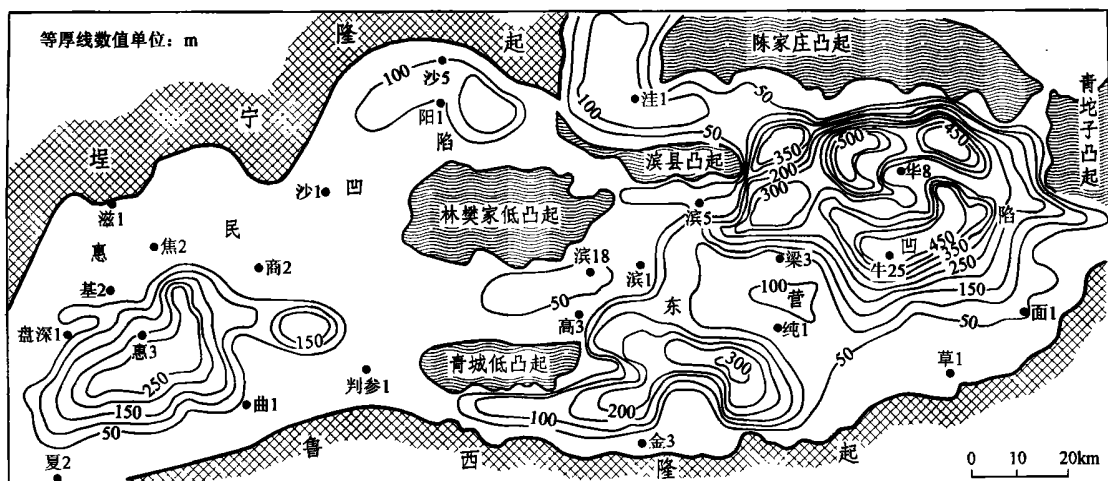


图2 东营凹陷和惠民凹陷沙三中亚段主力烃源岩系暗色泥岩等厚图

东营凹陷的4个洼陷都是烃源岩富集区,沙三上亚段干酪根类型属于 II_2 型,沙四上亚段—沙三中亚段均以I型干酪根为主。东营凹陷沙四段沉积期存在受控于北部陈南断裂和南部石村断裂的两个沉积中心,因此,沙四段烃源岩分布比较普遍。该套烃源岩有机质丰富,以I型干酪根为主,可溶烃含量高,姥鲛烷与植烷的比值小,有明显植烷优势,富含伽马蜡烷,甾烷异构化程度低,生烃潜力大,具备生成低熟原油的能力,生油门限深度只有1500m,是东营凹陷尤其是凹陷南部非常重要的烃源岩^[1,6,7]。沙三段沉积期,东营凹陷进入强烈断陷期,形成大面积深水湖盆,广泛发育暗色泥岩,沙三中、下亚段成为分布广泛、体积巨大的有效烃源岩,有机质丰度、类型和成熟度都理想,是东营凹陷最主要的烃源岩系,4个洼陷的烃源岩都已达到生油门限而大量生油,以利津洼陷生烃、排烃量最大。

惠民凹陷烃源岩厚度普遍比东营凹陷的小,而且局限分布于临南、滋镇和阳信洼陷^[8,9],干酪根以I型为主,仅滋镇洼陷沙三上亚段为 II_1 型。从有机质丰度指标看,东营凹陷沙四上亚段的TOC值明显高于惠民凹陷,沙三上亚段的TOC值则低于惠民凹陷,二者沙三中、下亚段的TOC值相差不大。沙四段沉积期惠民凹陷水体北深南浅,沉积和沉降中心位于滋镇洼陷北部,厚度较大、有机质丰度及类型比较理想的暗色泥岩主要分布于滋镇—阳信洼陷区。自沙三段沉积期开始,临商中央断裂带的隆升使位于断层上升盘的滋镇洼陷抬升^[10],沉积和沉降中心转移至临南洼陷,滋镇、阳信洼陷烃源岩埋藏变浅,大部分区域未进入生烃门限,仅可能生成些低熟油。临南洼陷古近系各层均有暗色泥岩发育,厚度远大于滋镇和阳信洼陷,原始生烃条件比滋镇、阳信洼陷好得多,沙三段及其以下地层埋深较大,普遍进入生烃高峰,生烃、排烃强度较大,临南洼陷也因之成为惠民凹陷最有利的烃源区。这是惠民凹陷烃源岩分布很广,但只有临南洼陷周围油气资源丰富的首要原因。

2.2 储集层系和油气储集体对比

东营凹陷和惠民凹陷主要储油气层系是沙河街组、东营组和馆陶组,最主要的储集岩为碎屑岩。东营凹陷或多或少发育了变质岩储集体(如凹陷北部的王庄潜山油藏)、碳酸盐岩储集体(下古生界潜山、沙四上亚段生物礁灰岩)、火成岩储集体(凹陷西南部的草桥、金家、高青、滨南等地区)^[11-14]。火成岩是惠民凹陷十分重要的储集体(主要分布于商河—玉皇庙地区^[4]),还发育少量碳酸盐岩储集层。但由于油气供应不足,惠民凹陷只有中央隆起带及其南部地区的储集层能够

成为有效的储油层位。

沙四段储集层主要为粉砂岩—粉细砂岩,储油物性较差,是惠民凹陷曲堤油田和东营凹陷纯化油田、博兴油田、南部斜坡的主力含油层;东营凹陷沙四段还发育北部陡坡带水下扇砂砾岩体和西部平方王地区生物礁灰岩储集层。沙三段是惠民凹陷最主要的含油气层系,凹陷中央隆起带沿断裂和南部斜坡区沿湖盆边缘发育的沙三段三角洲、扇三角洲砂岩体是最重要的油气储集体;商河部分地区沙三段发育深水油积岩储集层和火成岩储集层,物性较好。在东营凹陷,沙三中、下亚段储集层主要是洼陷内被烃源岩包围的深水油积岩,如牛庄洼陷、博兴洼陷;沙三上亚段储集层主要是三角洲砂体,是东营凹陷中央隆起带的主力含油气层系之一。两凹陷的中央隆起带广泛分布沙二段三角洲砂岩储集层,都是主力含油气层系。在惠民凹陷和东营凹陷,沙一段和东营组是非主力含油层,沙一下亚段、东二段储集层主要为砂岩,沙一中、上亚段储集层主要是沿湖盆边缘分布的碳酸盐岩。惠民凹陷东营组多孔隙、裂隙的火山岩(如玄武岩)是良好的储集层和运移通道,致密的火山岩则是良好的盖层,火成岩是玉皇庙油田的主力含油层。馆陶组储集层以馆三段河流相砂体为主,是惠民凹陷南部斜坡区曲堤油田的主力含油层,也是东营凹陷北部近洼的凸起和南部斜坡的主力含油层。

虽然两凹陷油气赋存的主要储集体岩性、时代基本一致,但东营凹陷储集体类型比惠民凹陷丰富,总的来看,东营凹陷的储集层好于惠民凹陷。

2.3 盖层对比

东营、惠民凹陷均发育2套区域性泥质岩盖层。沙一段泥岩是最重要的盖层,东营凹陷分布很普遍,惠民凹陷集中分布在临南洼陷、阳信洼陷、庙北洼陷和中央隆起带部分地区,东营凹陷的厚度远远大于惠民凹陷。第二套区域盖层在东营凹陷是明化镇组泥岩,在惠民凹陷是馆三段泥岩,前者厚于后者,是浅层次生油气藏的区域性盖层,覆盖于新近纪之前所有地层之上,有效避免了全区油气的逸散。

3 油气富集特征对比

东营凹陷和惠民凹陷的油气藏类型基本一致。岩性油气藏主要分布在古近系,透镜状岩性油藏主要分布在生油凹陷的中心部位,上倾尖灭油藏主要分布在凹陷边坡地带,还有火成岩等特殊岩性油气藏。构造油气藏均分布在古近系,以沙三上亚段—沙二段最为重要。东营凹陷在前新生界和新生界发现了14套含

油气层系,发现油田 32 个、气田 2 个,探明石油地质储量超过 20 亿 t,油气主要分布在沙三段、沙二段,其次为前第三系和新近系,深度小于 3500m。惠民凹陷在孔店组至明化镇组发现了 8 套含油气层系,发现 6 个油田(临盘、商河、玉皇庙、临南、曲堤、江家店)和 1 个气田,阳信地区也有天然气发现,探明石油地质储量约 2.5 亿 t,油气分布层位主要为馆陶组、沙二段、沙三段、沙四上亚段,其次为中生界,奥陶系、石炭系、二叠系、沙一段钻遇油气层或见油气显示。可见,惠民凹陷的油气丰富程度比东营凹陷差得多,东营凹陷探明储量大体为惠民凹陷的 7 倍(见图 3)。

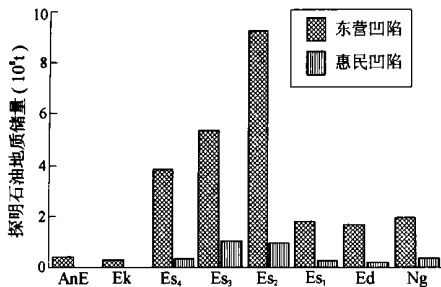


图 3 东营凹陷和惠民凹陷探明石油地质储量对比图

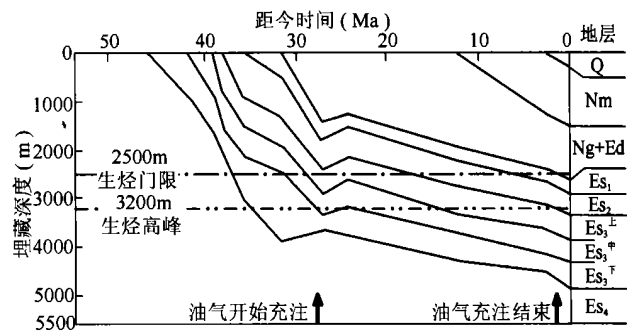
东营凹陷整个凹陷都有油气,围绕各生油洼陷呈环带状分布,受断裂和正向生长构造控制,形成 4 个北东向和 2 个北西向构造油气藏分布带,地层油气藏主要分布在凹陷周边,其分布与盆地边缘的剥蚀不整合和潜山有关。惠民凹陷 90% 以上的油气分布在临南洼陷周围^[9](北部的阳信、滋镇洼陷有少量分布),临南地区自北向南含油断块呈阶梯状分布,油藏逐渐变浅,含油层位也呈变新趋势,形成 2 个北西向构造油气藏分布带,临南洼陷北部发育大量地层超覆油气藏、不整合油气藏。

4 油气成藏过程分析

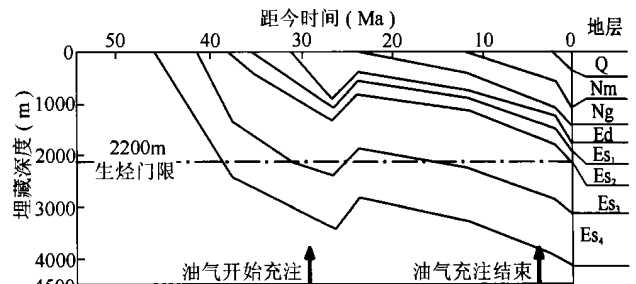
惠民凹陷生油门限深度为 2500~2600m,排烃门限深度为 2600~2700m;东营凹陷生油门限深度约为 2200m,排烃门限深度为 2300m^[6,9,10,15,16](见图 4)。

惠民凹陷深部烃源岩在沙二段沉积期即开始进入生油门限,但由于烃源岩埋藏深度不同,临南洼陷有机质成熟度最高,其它洼陷较低;沙一段—东营组沉积期,临南洼陷沙四段及部分沙三段烃源岩进入生烃高峰和主排烃期;东营组沉积末期,惠民凹陷整体抬升遭受剥蚀,烃源岩埋藏变浅,生烃中断;馆陶组沉积期凹陷进入整体沉降阶段,临南洼陷沙四段烃源岩埋藏较深,又开始少量生烃;直到明化镇组沉积以来,临南洼陷沙三段、沙四段才大范围进入生烃、排烃高峰期,而

北部的阳信和滋镇洼陷的烃源岩埋藏未能达到生油门限,只能生成少量低熟油。综合各种资料推测,惠民凹陷发生过两次大规模油气运聚成藏过程:沙一段—东营组沉积期为第一成藏期,但规模不大;明化镇组沉积期为第二成藏期,是主要成藏期。沙三段烃源岩生成油气的成藏期始于沙一段沉积期直至新近纪,成藏期长达 30Ma 左右,东营组沉积末期有短暂间断。根据油藏实测饱和压力数据计算,成藏期主要是新近纪。不同油田成藏期有一定差异,商河油田多为馆陶组沉积初期和明化镇组沉积期,临盘油田为明化镇组沉积期,曲堤油田为东营组沉积末期、馆陶组沉积末期。



(a) 惠民凹陷临南洼陷临南 18 井



(b) 东营凹陷坨 7 井(据邱楠生, 2000; 有改动)

图 4 东营凹陷和惠民凹陷埋藏史图

东营凹陷生油洼陷中心地区沙四段和沙三段下亚段部分烃源岩在东营组沉积后期已进入生油门限,但东营组沉积后的抬升使生油过程中断,已生成的油气数量有限,在生油层系内及邻近凹陷中心地区形成早期油气聚集,以原生岩性油气藏为主。中新世开始,伴随着凹陷整体下沉,巨厚的馆陶组和明化镇组沉积使沙四段、沙三段烃源岩埋深迅速增大,达到生油门限的烃源岩范围不断扩大,在馆陶组沉积后进入生、排烃高峰,此时构造活动微弱,十分有利于油气保存。综合分析油气生成期、圈闭形成时期和储集层流体包裹体等资料,可以认为:东营凹陷两期成藏时间分别为东营组沉积期和馆陶组—明化镇组沉积期,新近纪为主要成藏期,但不同地区及不同层系的油气藏形成时间存在差异。

两个凹陷内的原生岩性圈闭(如透镜状砂体、河道

砂等)和继承性构造圈闭均在储集层沉积以后不久形成,而大多数构造圈闭定型于东营组沉积期之后,有的至明化镇组沉积期才最终定型,因此成藏作用应是从各生油洼陷中心向四周扩展。

5 结论

东营凹陷和惠民凹陷主要烃源岩均为沙三段,其次为沙四上亚段,但烃源岩分布范围、厚度、有机质丰度和成熟度存在较大的差异,主要成藏时期接近,第三纪都发生过两期运聚成藏过程,但惠民凹陷只有临南洼陷提供油源,而东营凹陷的4个洼陷和中央隆起带均可提供大量油气,东营凹陷生、排烃量比惠民凹陷高,这是二者油气富集程度差异明显的直接原因。两个凹陷的沉降演化史差异不仅控制了烃源岩有机质的成熟演化差异,对储盖条件也有重要影响。两个凹陷主要储集层类型和层位分布基本一致,但东营凹陷储集体类型比惠民凹陷丰富,储集油气的能力好于惠民凹陷。最重要的区域盖层沙一段在东营凹陷的分布比在惠民凹陷更普遍、厚度更大。

参考文献:

- [1] 王秉海, 钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营: 石油大学出版社, 1992.
- [2] 许卫平, 田海芹. 东营凹陷—惠民凹陷孔店组层序地层学与油气勘探[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 28-30.
- [3] 曾广策, 等. 东营凹陷新生代火山岩及其与盆地演化、油藏的关系[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(2): 159-164.
- [4] 刘泽容, 信荃麟, 王永杰, 等. 山东惠民凹陷西部第三纪火山岩油气藏形成条件与分布规律[J]. 地质学报, 1988, (3): 210-222.
- [5] 操应长, 邱隆伟. 济阳拗陷下第三系火成岩储集层的控制因素[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 44-46.
- [6] 张林晔, 张春荣. 低熟油生成机理及成油体系——以济阳拗陷牛庄南斜坡为例[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [7] 蒋有录, 荣启宏. 高青地区油气成藏模式及富集规律[J]. 石油实验地质, 1998, 20(1): 14-19.
- [8] 赵密福, 刘泽容, 信荃麟, 等. 惠民凹陷临南地区断层活动特征及控油作用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 9-11.
- [9] 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146-148.
- [10] 张勇, 赵密福, 宋维琪. 惠民凹陷临南斜坡带油气纵向运移及其控制因素[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 21-22.
- [11] 马丽娟, 解习农, 任建业. 东营凹陷古构造对下第三系储集体的控制作用[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 64-66.
- [12] 郭旭升. 高青地区沙三段砂体成因与油气成藏分析[J]. 石油勘探

与开发, 2000, 27(6): 35-36.

- [13] 毕义泉, 刘里勤, 沈国华. 王庄油田郑408砂砾岩体储集层非均质性及敏感性研究[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 42-44.
- [14] 邢正岩, 陶国秀, 许坚. 透镜状“水包油”特殊岩性油藏[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 58-59.
- [15] 邱楠生, 等. 东营凹陷油气充注历史的流体包裹体分析[J]. 石油大学学报, 2000, 24(4): 95-97.
- [16] 李丕龙, 翟庆龙, 荣启宏, 等. 东营凹陷中央断裂背斜带油气运移聚集特征[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 64-66.

第一作者简介: 谭丽娟(1968-), 女, 辽宁大连人, 讲师, 在读博士研究生, 现主要从事石油地质教学与研究工作。地址: 山东省东营市, 石油大学地球资源与信息学院, 邮政编码: 257062。

收稿日期: 2003-01-10

(编辑 王大锐 绘图 王孝陵)

Petroleum accumulation and occurrence in the Dongying and the Huimin Sags

TAN Li-juan¹, JIANG You-lu¹, LIU Hua¹, FAN Cuntang² (1. University of Petroleum, Shandong 257062, P. R. China; 2. Geological Scientific Research Institute, SLOF, Sinopec, Shandong 257015, P. R. China)

Abstract The conditions and characteristics of petroleum accumulations in the Dongying and the Huimin Sags in the south of the Jiyang Depression have certain resemblances, but still have a great difference. The lithology and geological ages of the major source rocks and reservoir rocks are basically uniform, and the types of traps and reservoirs are also similar in these two sags. Petroleum accumulation has two stages, and the later stage is the dominant one. The oil and gas are rich in each of the two sags of the central uplift belt. There is great difference in the petroleum richness for the two sags in despite of the similar areage, and the proven reserves in the Dongying Sag is about seven times of that in the Huimin Sag. The main factors caused this big difference and greatly affected the maturity of organic matter are the different evolution processes in the sub-sags. In Huimin Sag, only the development of the Linan Sub-sag is successional, and the others subsided slowly in the later Paleogene period. The subsidence history of the sags has not only controlled the maturation of organic matter of the hydrocarbon source rocks but also influenced the reservoir and capping conditions greatly.

Key words: Dongying Sag; Huimin Sag; factors of petroleum accumulation; petroleum accumulation process