

# 东濮凹陷盐湖盆地油气富集规律研究

陈发亮<sup>1,2,3</sup>, 陈业全<sup>3</sup>, 魏生祥<sup>3</sup>, 杜劲松<sup>3</sup>, 杨小波<sup>3</sup>, 李绪涛<sup>3</sup>, 游洪文<sup>3</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 中原油田分公司物探研究院, 河南 濮阳 457001)

**摘要:**国内外油气勘探实践表明,含盐盆地的油气富集和分布与盆地内沉积的盐岩密切相关。东濮凹陷是我国东部地区典型的含盐油气富集盆地,作者通过深入研究其地层层序特征及盐岩纵横向分布特点,进一步剖析了盐岩沉积的主要控制因素及其与生储盖层的关系,搞清了含盐盆地油气的分布和富集与盐岩的关系,指出无论在垂向上还是横向上,东濮凹陷盐岩一般都与暗色烃源岩共生,而且盐岩与同期沉积的砂岩表现为长消关系。研究认为盐岩可作为油气上盖或侧向遮挡,与源岩、储集层可组成良好的生储盖配置关系,利于油气富集区带的形成,对构造和隐蔽油气藏的形成都发挥了积极的作用,并指出与盐岩有关的文东北部和胡状集地区是下一步挖潜的有利勘探方向。研究成果也可为国内外同类含盐盆地的油气勘探提供一定的借鉴经验。

**关键词:** 盐岩; 油气富集规律; 含盐盆地; 东濮凹陷

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2003)04-0033-06

## 1 基本概况

近几年在盐席之下大规模油气储量的发现,预示着油气的富集与盐岩之间的密切联系。东濮凹陷是我国东部地区一个非常典型的既富油又富气的盆地,是渤海湾盆地中唯一一个油气并举的地区,同时它也是一个典型的含盐盆地,整个盆地呈北北东向展布,南宽北窄。其东侧隔兰聊大断裂与鲁西隆起为邻,西侧以马寨—石家集断层为界与内黄隆起相接,南至兰考凸起,北到马陵断层,面积约5 300km<sup>2</sup>(图1)。东濮凹陷是个新生界断陷湖盆,其主力含油气层段是下第三系沙河街组,已探明的储量基本都分布其中,而东濮凹陷发育的四套盐膏层也分布在沙河街组地层中,纯盐层累加厚度近2 000m,占整个新生界最大沉积厚度的近四分

之一。东濮凹陷在区域构造格局上具有东西分带、南北分块的展布特征,自东向西可分为兰聊陡坡带、东部洼陷带、中央隆起带、西部洼陷带和西部斜坡带5个次一级构造单元,在南北方向上基本以孟居—刁城—白庙近东西向构造转换带为界分为南北两大块,沙河街组发育的四套盐岩主要分布在北部,而已探明的石油和天然气也主要分布在北部(图1),分别占总探明储量的95.7%和80.4%,可见该盆地油气的分布在垂向上和横向上都与盐岩有比较好的对应关系。盐岩的存在对东濮凹陷油气的富集至关重要,加强对盐岩的研究是下一步老区深入挖潜的有利突破口。

## 2 地层层序特征

东濮凹陷以中、古生界地层为基底(包括下

收稿日期: 2003-06-11

基金项目: 中国石油化工集团总公司“十五”重点科技开发项目资助(项目编号: P00034)

作者简介: 陈发亮(1973-),男,工程师,在读博士,主要从事地震资料采集、解释及地质综合研究工作。

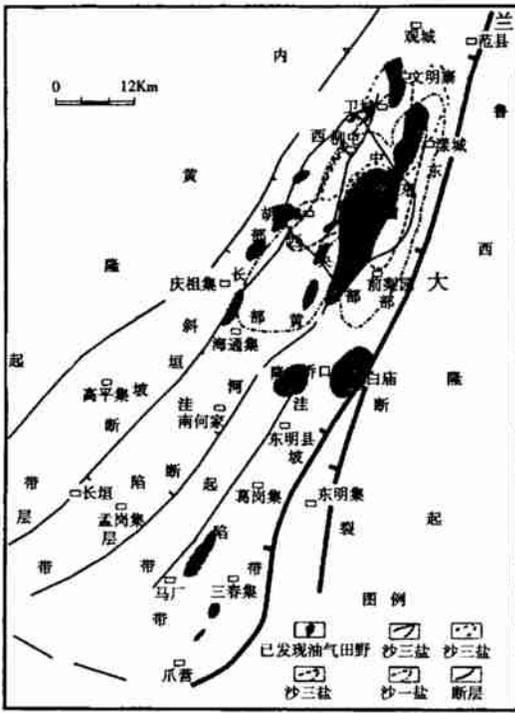


图 1 东濮凹陷构造、盐岩与油气分布图

Fig 1 Diagram of the structure and distribution of salt rock and hydrocarbon in the Dongpu depression

古生界中奥陶统海相碳酸盐岩、上古生界石炭—二叠系海陆交互的含煤碎屑岩和中生界红色砂泥岩地层,最大累积厚度近 3 000m),新界地层为盖层(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,最大累积厚度达 8 000m 以上),其中下第三系沙河街组是本区主要的生储油岩系(表 1),厚度约 5 000m。通过对东濮凹陷下第三系地层沉积特征进行分析研究,认为其在沉积序列上表现为两期大的沉积旋回:沙四—沙三—沙二<sub>下</sub>亚段,沙二<sub>上</sub>—沙一—东营组,每一旋回沉积地层的颜色都表现为红—黑—红的演变规律。第一旋回厚达 4 000m,主要为暗色砂泥岩、页岩、油页岩和盐岩沉积。第二旋回规模较小,以红色地层为主,仅沙一段为暗色地层。

### 3 盐岩分布特征

#### 3.1 垂向分布特征

表 1 东濮凹陷地层层序、盐岩分布及油气富集对应关系表

Table 1 Correlation of the stratigraphic sequence salt rock distribution and hydrocarbon enrichment of the Dongpu depression

地层层序		层序	体系域	盐岩发育特征	烃源岩	油气富集层及区带		
新 生 界	上第三系+第四系			无				
	下 沙 河 街 组	东营组		FSST	无			
		沙一段	上	HST	局部地区	发育	濮城、文南、河岸—刘庄	
			下	TST	发育,一般 8—13 个盐韵律			
		沙二段	上	LST	局部地区		濮城油田	
			下	FSST	无			
		沙三 <sup>1</sup> 亚段	沙三 <sup>1</sup> 亚段		HST	局部地区		文 19 块、文东等
			沙三 <sup>2</sup> 亚段	上	TST	发育 又称“文 6 盐”、“文 9 盐”、 “卫城上盐”	发育	卫城、胡状集 濮—卫环洼带等
				中				
				下				
			沙三 <sup>3</sup> 亚段			发育,又称“卫城下盐”		文留地区 (盐岩相变成砂泥岩)
	沙三 <sup>4</sup> 亚段		上	LST	又称 “文 23 盐”	发育	濮深 7 块、胡状集 庆祖集、邢庄等	
		中	发育					
		下	发育					
沙四段(低阻红)		LST		无		文 23 气田 濮深 7 块等		
中生界(高阻红)						盆地基底地层		
上古生界(C—P)								
下古生界(O)								

东濮凹陷下第三系沙河街组最突出的沉积层序特征是发育了四套巨厚的、分布广泛的盐膏层沉积,其中沙三段包括三套(即  $ES_3^4$  盐、 $ES_3^3$  盐、 $ES_3^2$  盐)、沙一段一套( $ES_1^下$  盐),另外在沙三<sup>1</sup>、沙二<sup>上</sup>和沙一<sup>上</sup>亚段局部地区也有发育。东濮凹陷四套盐膏层在垂向上都分布于每一旋回的中部,即湖侵体系域(TST)内(表1),夹于灰黑色泥页岩中<sup>[1]</sup>,而红色地层中则较少见,仅在沙二<sup>上</sup>亚段发现有泥膏岩沉积。

### 3.2 横向分布特征

东濮凹陷四套盐膏层在横向上具有不同的分布范围,表现为分区性的特点,且每一套盐在其沉积初期、中期和后期分布范围都有较大变化,盐湖沉积中心随时间在不断迁移,各套盐沉积厚度也不等,少者几百米,多则上千米<sup>\*</sup>。沙三<sup>4</sup>盐主要分布于中部文留地区,南到PS7附近,北到NWei2附近,西到NHu4、Hu5井以南,东可达前梨园洼陷中部,面积约450km<sup>2</sup>,最大厚度在PS7附近,厚约650米左右。沙三<sup>3</sup>盐分布范围向西北卫城方向退缩,分布范围南到柳屯—前杜固一带,北到文明寨,西到Wei26、Wei33井附近,东可到濮城地区,面积约280km<sup>2</sup>,最大厚度在卫城地区,厚约200米以上。沙三<sup>2</sup>盐分布范围再次南移,分布面积也比沙三<sup>3</sup>盐要大,主要分布在柳屯—户部寨,胡状集长垣断层下降盘、文南、文东以及前梨园洼陷亦有分布,面积约400km<sup>2</sup>,最大厚度在柳屯洼陷,厚约600米以上,沙三<sup>2</sup>后期盐岩分布范围又向西北方向退缩,在沙三<sup>1</sup>早期户部寨附近还有少量盐岩沉积。沙一<sup>下</sup>盐岩是分布范围最广的一套盐膏地层,南到习城集,北到这河寨、濮城以北,面积约1000km<sup>2</sup>,东西洼陷带沉积最厚,可达140米以上。各套盐的具体分布范围见图1。

### 3.3 盐岩的成因

对于东濮凹陷四套盐膏层的成因,因为它们这种独特的沉积韵律特征,前人在研究认识过程中曾出现了多种解释观点,有人认为是“深盆深水”成盐模式<sup>\*\*</sup>,有人认为是“深盆浅水”成盐模式或“振荡式深盆浅水”成盐模式<sup>\*\*\*</sup>。即使

同为“深盆深水”成盐模式,对其形成机制也有许多不同的看法,有人认为是深盆深水表面蒸发形式沉积成盐,有人认为是深部卤水阵发式喷涌沉积成盐<sup>[1]</sup>。对于盐的来源也有许多不同的观点,有人认为是海侵带来的,有人认为是盆地周边物源区古生界海相老地层剥蚀来的<sup>[2]</sup>,也有人认为是地下深处热卤水沿深大断裂上涌导致的<sup>[1]</sup>。本文倾向于“深水成因”观点,但对这些巨厚盐膏层的成因及盐的来源暂不做深入讨论,仅根据现今盐膏层的分布特征以及与砂泥岩地层间的迭置关系来探讨其与东濮凹陷油气富集规律的关系。

## 4 盐岩形成与分布的控制因素

通过对北部地区含盐层段进行精细层序地层对比,并结合古构造和沉积体系分析,认为盐岩的沉积发育主要受3个因素控制。

### 4.1 同沉积断层

东濮凹陷断层极为发育,对沉积起主要控制作用的有兰聊断层、杜寨断层、文东—卫东断层、文西—卫西断层、长垣—邢庄断层、石家集—马寨断层,它们的活动时间和活动强度各不相同,对砂、泥、盐的沉积均起着非常重要的控制作用。盐岩一般沉积在陆源碎屑物质较少、水体相对较深的同沉积断层下降盘,例如杜寨断层是活动时间早,结束也早的一条重要的控制沉积的同生断层,其开始活动时间甚至早于兰聊断层,主要控制沙四段、沙三<sup>中下</sup>亚段地层的沉积,至沙三<sup>2</sup>时期基本结束活动,它对于沙三<sup>4</sup>盐的沉积控制作用非常明显,在其下降盘沉积了巨厚的沙三<sup>4</sup>盐,PS7井钻穿了这套盐,纯盐累计厚度达650米。

\* 王新运等,东濮凹陷非背斜油气藏形成分布及资源评价,中原石油勘探局,1990

\*\* 金强等,东濮凹陷早第三纪盐湖成因的探讨—一种深水成因模式,东濮凹陷第三系石油地质综合研究论文集,华东石油学院,中原石油勘探局,1986

\*\*\* 张洪安等,东濮凹陷隐蔽油气藏成藏条件研究,中原油田分公司,2000

## 4.2 沉积时的古地形

盐岩的沉积除了受断层控制外,其发育也与沉积时的古地形密切相关,在古构造高部位一般很难沉积盐岩。由于高浓度盐水比重较大,受自身重力作用,会向低洼部位汇聚,并结晶成盐,故盐岩一般都分布在洼陷低部位水体较深的环境中。东濮凹陷这四套盐虽然都分布在北部湖盆中心,但由于中央隆起带的不断抬升,沙三<sup>2</sup>盐和沙一盐已明显受其控制,在中央隆起带高部位发现盐岩表现出明显减薄甚至缺失现象。

## 4.3 沉积时的古水系(古物源方向)

陆源碎屑物质是由大气淡水携带进入湖盆的,主要物源方向也就是古水系最为发育的部

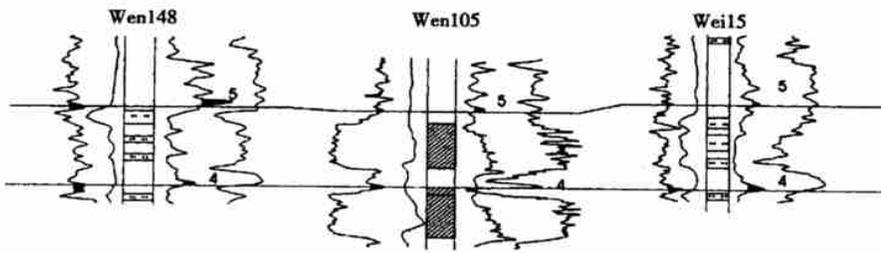


图 2 东濮凹陷沙三<sup>4</sup>亚段准层序对比图

Fig 2 Comparison of the semi-stratigraphic sequences of the shasan<sup>4</sup> section in the Dongpu depression

砂岩是同时异相的沉积体,二者在平面上表现为长消关系,如图 2 所示,5 号准层序在 Wen105 井为盐岩沉积,向南至 Wen148 井,向北至 Wei15 井都相变为砂岩,这种相变关系是等时的,而且具有一定的规律性,在整个盆地都可对比。对于东濮凹陷四大套盐岩来说,也同样存在着这种砂进盐退的横向共生关系,它们在断层、古地形和古水系的共同控制下,盐湖沉积中心不断迁移,形成了东濮凹陷这种多套砂、泥、盐迭复组合的沉积特点。沙三<sup>4</sup>早期到沙三<sup>3</sup>期,盐岩沉积表现为由东南向西北逐渐迁移的特点,沙三<sup>2</sup>早期开始向东南回返,沙三<sup>2</sup>晚期到沙三<sup>1</sup>早期盐岩沉积再一次表现为向西北方向退缩。沙一时期盐的分布范围又一次向南回返,并最终结束了东濮凹陷的盐湖沉积。随着盐岩多次南北向的迁移,砂岩的分布范围也随着盐岩在

位,是大气淡水的主要注入区,也是陆源碎屑卸载最有利地区,受其影响,盐湖水体被其稀释,难以固结成盐,因此盐岩分布与古水系的发育也是此消彼长的对应关系,比如白庙扇体、毛岗扇体,对盐岩沉积产生了较大的抑制作用,导致盐岩向湖盆内部退缩,与之对应的沉积砂体则表现为向湖盆的进积。

在以上这些因素的综合控制下,形成了不同时期、不同地区和不同厚度的盐岩空间分布特点。

## 5 盐岩与油气富集的关系

### 5.1 盐岩与砂岩的相变关系

准层序对比认为,针对单个盐韵律,盐岩和

不断地发生着变迁。

### 5.2 盐岩与烃源岩的关系

通过深入开展层序地层学研究,将盐岩纳入到了层序地层构架。在进行准层序精细对比的基础上,认为盐岩与砂岩虽然属于同时沉积的地质体,但二者无论在垂向还是横向上都不会直接接触(不考虑断层作用),二者之间有一个泥页岩、含膏泥岩的过渡带,而且通过层序地层分析,认为盐岩在垂向上都位于沉积水体最深的湖侵体系域(TST)内,夹于暗色烃源岩之间。横向上一般也是与暗色烃源岩接触,而且由于大套盐岩的快速堆积,可使下伏暗色泥页岩快速与氧隔绝,利于有机质的保存,同时,盐岩还会为下伏烃源岩提供充足的地层压力,对有机质的热演化会起到促进作用。

### 5.3 盐岩分布与现今构造的关系

东濮凹陷沉积的四套盐岩,虽然不断地发生着南北方向的迁移,从四套盐的迭合范围来看,它们还都是分布在整个湖盆的中心部位。对于我国东部张性断陷湖盆来说,湖盆中发育中央隆起带是这类盆地的普遍特征。东濮凹陷中央隆起带发育规模比较大,而且它与湖盆内沉积的盐岩正好迭合。虽然受中央隆起带不断上隆的原因,沙三<sup>2</sup>和沙一盐在其高部位有减薄和缺失现象,但这并不影响它们这种大的迭合构造格局。

### 5.4 盐岩发育与油气富集规律

东濮凹陷中央隆起带上部及其两侧发育多套盐盖层的这种地层迭置方式,是该区油气极为富集的必要条件。由于盐岩比较致密,易形成异常高压带,利于油气的形成和保存,而且致密的盐岩具有比泥岩更好的封堵性,是一种非常好的油气盖层。另外由于盐岩分布范围随时间在不断迁移,与砂岩相互交错迭置,利于形成大量岩性尖灭圈闭,再加上盐岩具有塑性特点,可以形成盐拱、底辟构造,其滑动变形也可导致盐间泥岩裂缝油气藏。总体看来,东濮凹陷下第三系纵向上有两大套生储盖组合,即沙三段下部烃源岩生油气,中部储集油气,上部为盖层;沙三段上部为生油气层,沙二<sup>下</sup>亚段为储集层,沙二<sup>上</sup>亚段或沙一段为盖层。通过对全区油气层进行对比分析,认为与盐岩有关的主要含油气层系为沙三<sup>4</sup>盐下(如文23气田),文留沙三<sup>3</sup>盐间(如文13块、文14块、文95块、文209块等),卫城上、下盐之间(卫城地区),沙三<sup>2</sup>亚段9号自然伽玛标志层上下(如胡12块、胡2块和胡63块等),沙三<sup>1</sup>亚段4号标志层之下(如文西文19块、文东文200—5块等),沙一盐下的沙二<sup>上</sup>一般做区域性盖层,但该层段在濮城地区砂体发育,形成主力油层,沙一下盐的相变在濮城横向变化,形成构造—岩性油气藏。盐湖沉积中心的变迁是形成东濮凹陷多套生储盖组合以及油气富集的充分保证,凹陷北部地区沙三段和沙一段发育的盐岩层为该区油气的保存提供了优质区域盖层条件。

## 6 有利勘探方向

根据盐岩与油气富集的关系,认定出与盐岩有关的几个值得关注的有利目标。

### 6.1 文东北部是寻找构造、地层、岩性油气藏的最佳目标

(1)文东沙三<sup>4</sup>盐下深层地垒,该垒块位于中央隆起带东侧,类似于文23气田,已钻PS7井在钻穿沙三<sup>4</sup>盐后见到良好显示,并发生强烈井喷,向北部构造高部位因盐岩相变,砂体储集物性变好,埋藏相对较浅,油气源条件好,生储盖配置得当,是一个有利的含油气富集圈闭;

(2)文东沙三<sup>4中下</sup>盐岩相变,沙三<sup>4中上</sup>盐岩向北、向东相变为砂岩,W200—2井已经证实,该井也见到较好显示,根据盐岩相变规律,认为向该井东侧砂体更为发育,上倾方向有盐的封堵,油气源条件优越,生储盖组合好,具有较好的勘探前景;

(3)文东沙三<sup>2</sup>盐岩相变,据储层预测,沙三<sup>2</sup>盐与沙三<sup>4中上</sup>盐岩一样,向中央隆起带东侧低部位相变为砂体,盐岩作上倾遮挡,且邻近前梨园生油洼陷,也是非常有利的勘探区。

### 6.2 胡状集地区是深层油气勘探的重要领域

(1)胡状集潜山,在沙三<sup>4</sup>沉积时期,胡状集地区也同样属于水体较深的沉积环境,发育一套沉积稳定、厚度大、与盐岩互层、具有较好生烃能力的烃源岩,由于后期断块运动,这些烃源岩与断层上升盘古、中生界地层相接触,再加上西掉反向小断层的配合,形成一系列潜山构造。胡状集潜山在埋藏深度、油源条件、封盖条件和圈闭条件等方面具有最为有利的优越性,是东濮凹陷开展潜山勘探并可能取得突破的最有利目标。(2)胡状集沙三<sup>4</sup>盐下,石家集断层下降盘也同样发育沙三<sup>4</sup>含盐生油岩,该盐岩的顶底也在不同程度地发生着相变,该区同样存在类似于中央隆起带上的沙三<sup>4</sup>盐下地垒,是勘探深层沙三<sup>4</sup>盐下天然气的—个非常有利的目标区。

## 7 结 论

- ①. 东濮凹陷是典型的含盐盆地, 纯盐岩累加厚度近 2 000 米;
- ②. 影响盐岩沉积的主要控制因素为同沉积断层、古地形和古水系;
- ③. 盐岩发育于湖侵体系域内, 在垂向和横向上一般与暗色泥页岩共生;
- ④. 盐岩与砂岩为同时异相的沉积体, 具有此消彼长的共生关系;
- ⑤. 多套盐岩发育是该区油气富集的必要条件, 对油气生成、运移、聚集和保存发挥着积

极作用;

- ⑥. 受盐岩影响, 东濮凹陷下第三系发育两大套生储盖组合;
- ⑦. 与盐岩有关的文东北部和胡状集地区是有利勘探目标区。

### 参考文献:

- [ 1 ] 陈发亮, 等. 东濮凹陷下第三系沙河街组层序地层划分及盐岩成因探讨[ J ]. 沉积学报, 2000, 18( 3 ): 384—388.
- [ 2 ] 孙镇诚, 等. 中国新生代咸化湖泊沉积环境与油气生成[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 53.
- [ 3 ] 马新华, 等. 含盐油气盆地[ M ]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 18—24.

## The Research of Regularity of Hydrocarbon Enrichment in Salt Basin of Dongpu Depression

CHEN Fa-liang<sup>1,2,3</sup>, CHEN Ye-quan<sup>3</sup>, WEI Sheng-xiang<sup>3</sup>,  
DU Jing-song<sup>3</sup>, YANG Xiao-bo<sup>3</sup>, LI Xu-tao<sup>3</sup>, YOU Hong-wen<sup>3</sup>

- (1. *The Ocean Research Institute of Chinese Academy of Sciences, Tsingtao, Shandong province 266071 China;*
2. *The Graduate Institute of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039 China;*
3. *The Geo physical Research Institute of Zhongyuan Oil Field Subsidiary Company, Puyang, Henan province 457001, China)*

**Abstract:** The practice of hydrocarbon exploration at home and abroad shows that oil and gas enrichment and distribution are in close relation to salt rock deposited in the basin. This paper goes into the characteristics of the stratigraphic sequence as well as salt rock distribution vertically and horizontally in Dongpu depression, which is one typical oil enrichment salt-contained basin in the east of China, further analyses the main controlling factors of salt deposition and its ties with resource rock, reservoir rock and capping bed, points out that whether vertically or horizontally, salt rock and resource rock grow together, and that salt rock behaves as advance and retreat relation with the homochronous deposited sand rock. Salt rock can hold up hydrocarbon in up and lateral direction, can form a good trap for hydrocarbon accumulation. The north of Wendong and Huzhuanji area, which bear salt rock, are believed to be the favored exploration zone for further development. The research findings in this paper can also give some reference for oil prospecting in the similar salt basin at home and abroad.

**Key words:** Salt rock; The regularity of hydrocarbon enrichment; Salt basin; Dongpu depression