

东濮凹陷北部古近系与盐岩有关的油气藏类型

胥菊珍^{1,2}, 张孝义², 张虹², 贺艳梅²

(1. 中国地质大学能源地质系, 北京 100083; 2. 中国石化中原油田分公司勘探开发科学研究院, 河南濮阳 457001)

摘要: 东濮凹陷是渤海湾地区一个典型的盐湖盆地, 其古近系的两个沉积旋回沉积了两套盐岩。其中沙河街组第三段(E_{s3})的盐岩又可细分为第四亚段(E_{s3}^4)、第三亚段(E_{s3}^3)、第二亚段(E_{s3}^2), 主要分布在北部中央隆起带附近。盐岩层由于极为致密, 其阻隔作用使其下部地层的地温、地层压力均较高, 有利于下伏生油岩中的有机质向油气的转化。盐岩又是良好的盖层, 且在高温、高压下呈塑性状态。由于盐岩的遮挡和变形, 形成多种与盐岩有关的油气藏, 即盐岩上部坳式背斜油气藏、盐岩侧向封堵油气藏、盐下背斜油气藏和岩性油气藏。由于 E_{s3} 段盐岩的沉积中心的不断转移使得 E_{s3}^4 、 E_{s3}^3 、 E_{s3}^2 的盐层之下都有盐岩相变的砂岩而成为较佳的储盖组合, 从而造成中央隆起带盐下油气异常富集。同时, 虽然沙河街组一段(E_{s1})的盐岩较薄, 但其分布范围大, 对其下部沙河街组二段(E_{s2})的油气富集起到了非常关键的作用。经分析, 本区下一步的勘探目标为文留东部 E_{s3}^4 盐下深层地垒带、文东 E_{s3}^2 盐间文93扇体、东部前梨园洼陷及西部海通集洼陷。

关键词: 盐岩; 沉积特征; 沉积旋回; 古近系; 岩性油气藏; 勘探; 东濮凹陷

第一作者简介: 胥菊珍, 女, 37岁, 在读博士研究生, 沉积学、层序地层学

中图分类号: TE112.42

文献标识码: A

东濮凹陷位于鲁西、豫北地区, 是一个呈NNE向延伸形似琵琶的, 在古生界克拉通盆地基础上形成的中生界断陷型凹陷。东侧以兰聊基底断层为界与鲁西隆起上的菏泽凸起相邻, 西侧以长垣断裂为界与内黄隆起相接, 南隔兰考凸起与开封坳陷为邻, 北部以马陵断层为界与临清坳陷的莘县凹陷相望。凹陷面积约5 300 km², 由5个次级构造单元组成, 即东侧陡坡带、东部洼陷带、中央隆起带和西侧缓坡带。主要勘探目的层系是古近系沙河街组^[1]。

东濮凹陷古近系可分为两大沉积旋回: E_{s4} — E_{s3} — E_{s2}^2 亚段为一水体深度为浅—深—浅的第一旋回; E_{s2}^1 亚段— E_d 为第二旋回, 水体深度同样是浅—深—浅。沙河街组共发育4套盐岩, 自下至上依次为: E_{s3}^4 、 E_{s3}^3 、 E_{s3}^2 段的盐和 E_{s1} 段的盐, 纯盐岩累积厚度最大可达1 200 m。盐岩最厚处为当时的沉积中心, 其沉积中心由 E_{s3}^4 亚段→ E_{s3}^3 亚段→ E_{s3}^2 亚段逐渐向北转移。每一套盐岩由若干个盐岩韵律组成, 韵律由盐岩(膏盐)和泥岩构成^[2]。砂体向盐岩发育区逐渐变薄, 最终尖灭。这是形成砂体尖灭油气藏的主要形式。

1 盐岩构造类型

1.1 原生板状盐岩构造

这种类型的盐构造是原始沉积的, 与上下地层为平行整合接触, 岩层内由多个连续到较连续、呈平行亚平行结构、强到中强振幅的相位组成。由于受区域构造应力场的影响, 该盐构造表现为不均衡升降, 产生区域性倾斜, 上翘方向一侧多以断层和不同岩性的围岩接触, 下倾方向因受物源影响常伴有明显的相变, 与围岩呈齿状接触(图1a)。该类盐构造分布在东西两侧的前梨园和海通集次凹斜坡部位。

1.2 次生盐岩墙构造

这类盐岩构造从几何外形上看似一堵墙, 在剖面上为一侵入式呈参差不平的面, 有可能是形成于盐体上覆地层中的断层或裂缝向下直通盐体内, 盐体内的高压盐水顺着这些断层或裂缝上升后重结晶而形成的(图1b)。一般分布在次洼斜坡部位的断层裂缝中。

1.3 后生变形盐岩构造

此种盐岩类型为盐岩沉积后流动的产物, 具多种外形, 凸透镜形、丘形、钟形、锥形、楔形等。

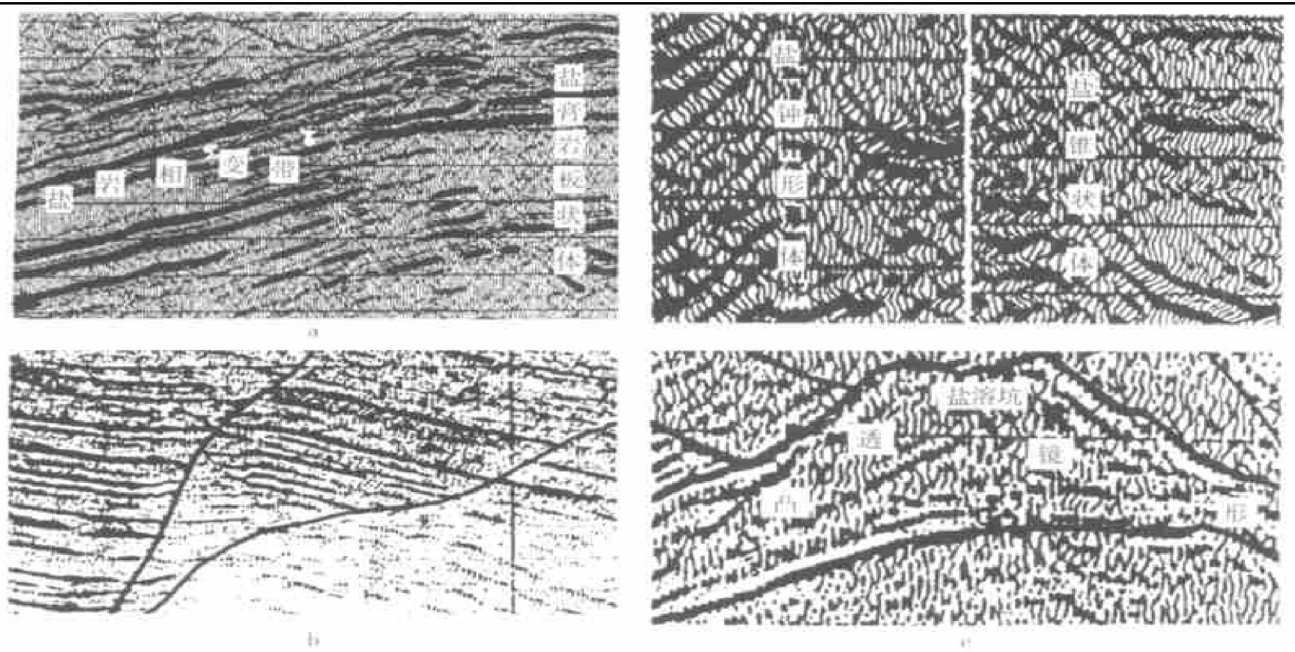


图 1 东濮凹陷北部盐岩体构造类型

Fig. 1 Structural styles of halites in northern Dongpu Depression
a—原生板状构造; b—一次生盐岩墙构造; c—后生变形体构造

轮廓清楚, 大多表现为刺穿围岩或围岩超覆于盐岩之上, 上覆地层常发育有莲花状堑式断层及伴有披覆构造。地震反射特征为内部杂乱反射, 反射轴短而强(图 1c)。此类盐岩构造多分布于中央地垒块或单斜上翘方向。

2 与盐岩有关的油气藏类型

盐岩不仅是良好的盖层, 而且还能起到侧向封堵的作用。盐体形成形态各异的盐构造, 与生油层、储集层配置在一起, 可形成多种类型的油气藏。东濮凹陷北部与盐岩有关的油气藏主要有以

下几种类型(图 2)。

2.1 盐岩上部堑式背斜油气藏

盐体上拱, 使上覆地层产生背斜构造, 并产生堑式断层, 背斜两翼延伸到两侧洼陷深处, 油气集中到顶部, 形成以背斜为背景的断块油气藏。此类油气藏在文留地垒带顶部多见(图 2①), 如文 25 井 E_{s2}^2 油气藏。

2.2 盐岩侧向封堵油气藏

2.2.1 断层遮挡式油气藏

由于断层作用使地层发生错断, 盐体把储集层的上翘方向堵住而形成的油气藏。该油气藏多

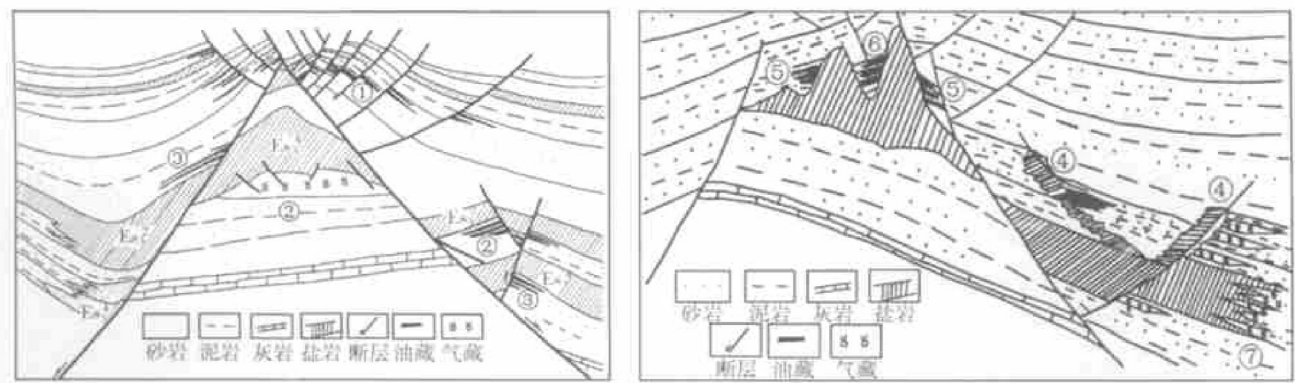


图 2 东濮凹陷北部地区与盐构造有关的油气藏示意图

Fig. 2 Schematic diagram of oil and gas reservoirs related to salt structures in northern Dongpu depression
①—盐岩上拱浅层堑式背斜油气藏; ②—盐下背斜油气藏; ③—断层遮挡油气藏;
④—盐墙遮挡油气藏; ⑤—盐丘侧向遮挡油气藏; ⑥—三向盐丘单斜油气藏; ⑦—盐相变遮挡油气藏

形成在文东反向屋脊带和文西顺向屋脊带上(图2③)。如前参2井Es₄段油藏。

2.2.2 与盐丘有关的油气藏

具有生储能力的单斜地层在上翘方向上被盐丘封堵所形成的油气藏,按盐丘与生储油层的配置关系又可分为以下3种。

(1) 盐墙遮挡油气藏。地下高压盐水沿断层或裂缝上升形成盐墙,可对单斜地层中下倾方向的油气遮挡起作用,形成油气藏(图2④)。如前梨园洼陷濮深4井油藏。

(2) 断鼻加盐丘遮挡油气藏。断层的一侧是鼻状构造或半背斜构造,另一侧被盐丘堵截,这种油气藏极易形成高压油气藏,多分布在文东地区徐楼反向正断层上升盘,如文203井Es₃³高压油气藏(图2⑤)。

(3) 三向盐丘单斜油气藏。具有生储油能力的单斜地层,其上翘方向及两侧被盐封堵,形成槽状。这种油气藏分布在文南中央地垒带上(图2⑥)。如文南中央地垒带上文173井Es₃⁴的槽状油气藏。

2.2.3 与盐枕或盐楔有关的油气藏

该类油气藏的形成与盐枕或盐楔有关,盐枕是在盐流方向上受封闭断层或古老坚硬地层阻挡产生的盐局部集中。盐楔形成时间相对较晚,一般在构造格局形成后,含盐地层段被断离,由于断层的阵发活动,盐流沿断层面压力释放带挤入,形成楔状盐岩侵入体。以上两种类型的构造主要见于北部中央隆起带的两侧的Es₃⁴亚段的盐中。东濮凹陷的文19块和濮深7气藏即是如此(图3),盐枕在形成时间上应晚于盐丘。

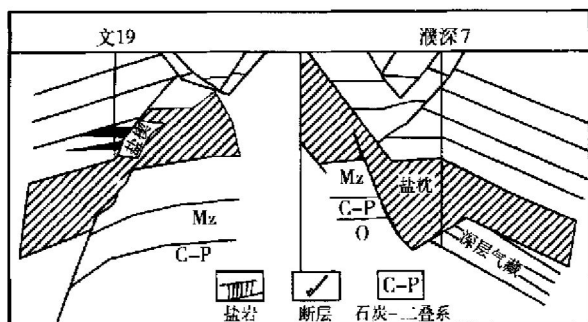


图3 盐楔和盐枕侧向遮挡形成的油气藏

Fig. 3 Oil and gas reservoirs formed with lateral barriers of salt wedge and salt pillow

2.3 盐下背斜油气藏

这种油气藏是盐背斜作盖层而形成的,如文北文23的Es₄段气藏(图2②和图4)。

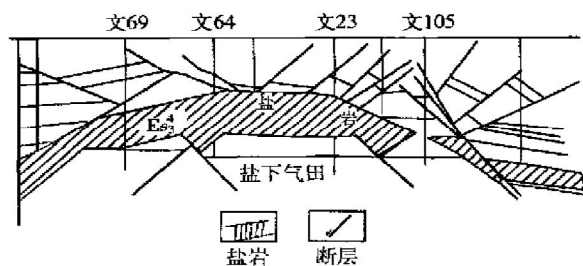


图4 盐下气藏(以文23气藏为例)

Fig. 4 Gas reservoir beneath halite
(based on Wen 23 gas reservoir)

2.4 岩性油气藏

盐岩的发育是东濮凹陷中岩性油气藏形成的有利条件^[2]。这类油气藏是盐岩向着凹陷的边缘方向相变,而后由于构造运动造成了储集层向盐岩的主体上翘尖灭(图2⑦)。这类油气藏较多,如户部寨地区部1井Es₄¹气藏向文留地区尖灭,相变为盐岩;濮城东区Es₁段由于砂体自东向西相变为盐膏岩,从而在构造翼部形成高产砂岩岩性上翘尖灭油气藏;古云集地区云3井Es₃³顶气藏也为砂岩向南部卫城地区侧向相变为盐岩而形成的。

3 油气藏的形成及勘探

3.1 盐岩的分布对温度和压力的影响

根据实测地温数据和以往的勘探经验,东濮凹陷巨厚盐膏岩对其下部地层地温具有一定的影响^[3],如文92井在Es₃⁴盐上地温梯度为每百米3.0℃,在盐的内部,温度变化不大,而过了盐层则温度突然增高,地温梯度达每百米4.8~5.3℃,这说明盐岩对其下部地层的热传递具有明显的阻滞作用,这种影响有利于加快盐下地层中有机质的成熟与演化^[4]。

盐岩的形成不仅对地温梯度有影响,而且对地层的压力影响更明显。东濮凹陷所发现的盐下(主要是Es₃段的盐)油气藏几乎都是异常高压油气藏。例如,在文东地区,盐层之上油层(Es₂²~Es₃¹亚段)的压力系数为0.85~1.28,接近正常压

力,但分布在 Es_3^2 亚段盐岩层下的 Es_3^{3-4} 亚段油气层则属于异常高压油气藏,其压力系数最高可达 2.0。文西的盐下油气藏亦是如此。在缺少盐膏岩的地区一般为正常压力(如胡状集-庆祖集地区)或者较小规模的超压(如东濮凹陷南部地区)。

3.2 盐岩沉积中心的转移为油气提供了良好的储盖组合

前已述及,东濮凹陷北部沙三段盐可细分为 Es_3^4 盐、 Es_3^3 盐和沙 Es_3^2 盐。平面图反映出 Es_3^4

时期,盐岩主要沉积在前梨园-文留-柳屯的方向,盐岩之外的其他沉积区则为碎屑岩沉积。而到了 Es_3^3 亚段沉积时期,盐岩的沉积中心转移到了户部寨-卫城-文明寨一带^[5](图 5)。于是在文明寨-卫城-户部寨这样的地区内, Es_3^4 及其以下地层的砂岩(储集层)就被 Es_3^3 的盐岩所覆盖,从而形成东濮凹陷油气最富集的储盖组合之一^[5]。文留-户部寨地区的 Es_3^4 亚段下部的气田就是其中一例。

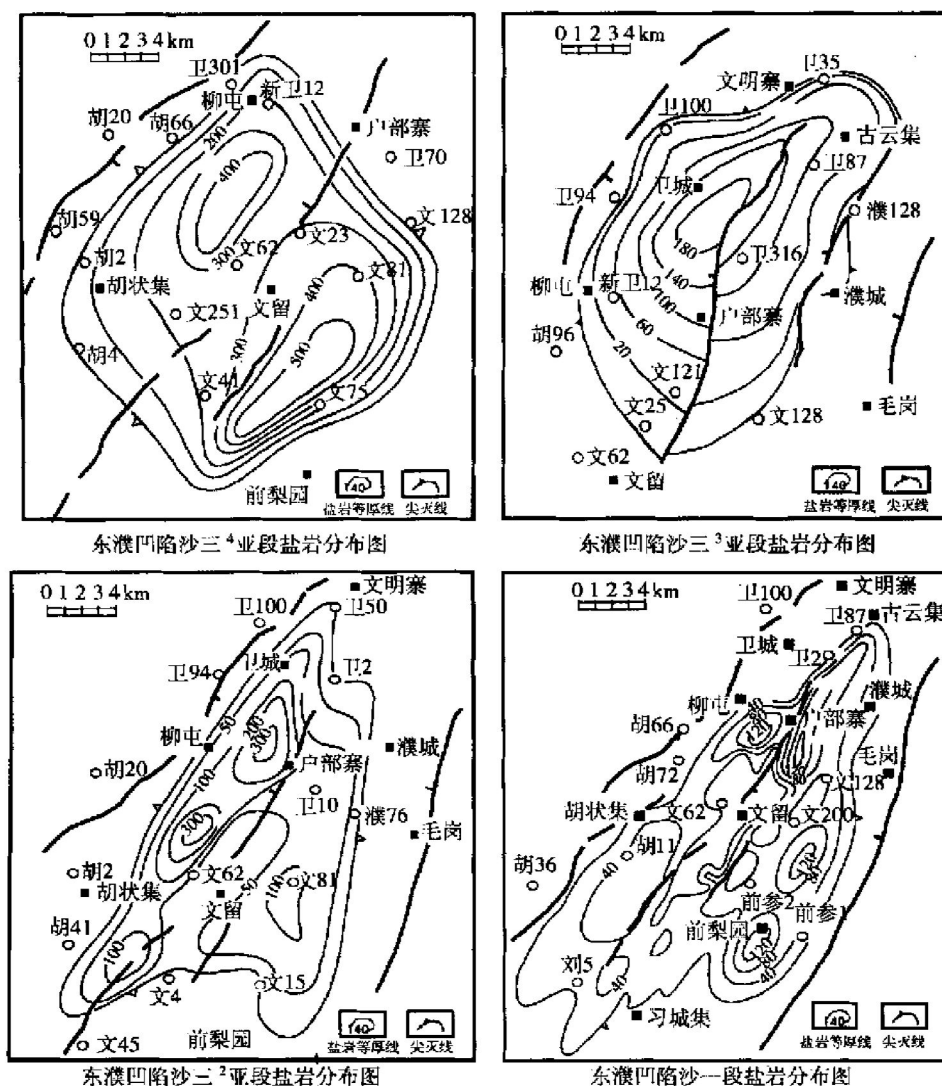


图 5 东濮凹陷不同层位盐岩分布图

Fig. 5 Distributin of halites in different stratigraphic horizons in Dongpu Depression

Es_3^2 沉积时期盐岩的沉积中心再度从户部寨-卫城-文明寨一带转移到了户部寨-文留一带。 Es_3 的盐岩在文留地区又成了其下部 Es_3^3 储集岩的良好盖层,由于在文中断块区 Es_3 在垂向

上有两套盐岩沉积(Es_3^4 盐和沙 Es_3^2 盐),二者之间夹了一套 Es_3^3 的储层,在这种条件下形成了东濮凹陷最富集的油气藏,称之为盐间油气富集带(图 6)。同样的, Es_1 段盐岩分布范围大,虽然 Es_1 段

盐岩的厚度远不如 E_{s3} 的那样厚,但由于盐岩的性质良好,分布范围大,因此,其下部地层 E_{s2} 也是东濮凹陷油气最富集的层位之一。

3.3 有利勘探方向及建议

通过分析得出与盐岩有关的油气藏的有利勘探目标有以下3个。

(1) 文留东部 E_{s4} 盐下深层地垒带: 位于文东断层下降盘, 包括2个反向屋脊带, 勘探实践证实文东深层地垒北块处于有利构造位置, 具有优越的油气源条件, 生储盖配置得当, 与油气生成时间及烃源岩空间位置具有良好的匹配关系, 形成有利的油气富集圈闭, 是东濮深层气勘探的有利目标之一。

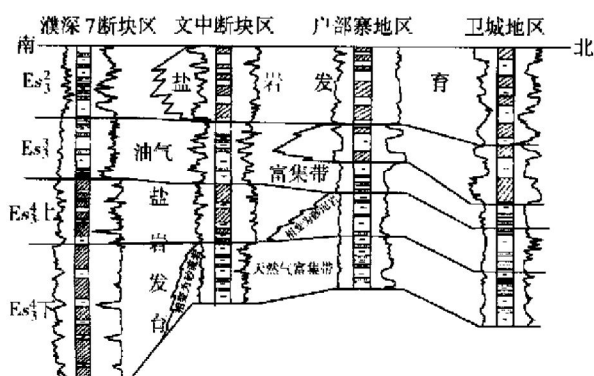


图6 东濮凹陷北部 E_{s3} 段盐岩相变与油气分布关系图

Fig. 6 Relation between facies change of halite and hydrocarbon distribution in E_{s3} member, northern Dongpu depression

(2) 文东 E_{s3} 盐间文93 扇体: 位于前梨园洼陷中, 在横向上盐岩逐渐相变为砂岩, 形成砂岩尖灭现象, 致密的盐膏层提供了良好的侧向遮挡条件, 处于有利的构造位置, 利于形成岩性圈闭。

(3) 东濮凹陷北部沙一段盐岩的分布面积最广, 而且钻井已证实 E_{s1} 段盐下的 E_{s2} 段为油气的富集层位。因此, E_{s1} 段盐下的油气藏勘探重点应放在东部前梨园洼陷及西部海通集洼陷内。

东濮凹陷不论是已发现油气藏的数量还是已探明的储量, 都与盐岩的分布密不可分, 盐岩的沉积受多种因素控制, 与盐岩有关的油气藏类型多, 岩性油气藏发育。但由于盐在高温高压下呈塑性状态, 这就造成了与盐有关的隐蔽油气勘探难度大和盐层对钻进过程的安全造成隐患。此外, 由于盐的盖层性质和其侧向封堵性好, 应重视对3 500 m以下深层天然气的勘探。

参 考 文 献

- 1 陆荣生, 赵春元, 陈树文, 等. 中国石油地质志(卷7, 中原油田)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 35~43
- 2 王德仁, 焦大庆, 任来义, 等. 东濮凹陷与盐岩有关的岩性油气藏特征[A]. 见: 潘元林, 孔凡仙, 杨申铨, 等主编. 中国隐蔽油气藏[C]. 北京: 地质出版社, 1998. 57~67
- 3 齐兴宇, 黄先雄, 寿建峰, 等. 东濮凹陷盐岩与油气[J]. 石油学报, 1992, 13(1): 23~29
- 4 赵澄林, 刘孟慧. 东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积体系与成岩作用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992. 1~137
- 5 陈发亮, 朱晖, 李绪涛, 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

HYDROCARBON RESERVOIR TYPES RELATED TO HALITE IN PALEOGENE, NORTHERN DONGPU DEPRESSION

Xu Juzhen^{1,2} Zhang Xiaoyi² Zhang Hong² He Yanmei²

(1. Dep. of Energy Geology, China University of Geosciences, Beijing;

2. Exploration and Development Science Institute of Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang, Henan)

Abstract: Dongpu depression is a typical salt-lake basin in Bohai Bay region. Two sets of halites have been deposited in the two Paleogene depositional cycles. The halites in the 3rd member of Shahejie Fm (E_{s3}) can be divided into three sub-units: the 4th sub-member (E_{s4}), 3rd sub-member (E_{s3}), and 2nd sub-member (E_{s2}), which mostly distribute near the central uplift belt in northern Dongpu depression. Halites have been compacted and become very tight, which would become barriers and result in higher geotemperature and formation pressure in the underneath strata, and would be favorable to the transformation of organic matters in the underlying source rocks into oil and gas.

(Please Turn to Page 166)