

文章编号: 1000-0550(2009) 02-0246-08

惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段滩坝与风暴岩组合沉积

张鑫¹ 张金亮^{1,2}

(1. 中国海洋大学海洋地球科学学院 山东青岛 266100 2. 北京师范大学资源学院 北京 100875)

摘要 惠民凹陷沙四上亚段沉积时期,盆地边缘发育三角洲和扇三角洲沉积,受波浪和沿岸流的影响,在中央隆起带滨浅湖区形成了与岸线走向平行或斜交的滩坝砂体和风暴沉积。滩坝沉积成熟度较高,泥质含量少,岩性以中细砂岩和粉砂岩为主,也有少量砾石,砂岩中常见含双壳类化石、生物碎屑和炭屑。滩坝沉积可分为砂坝、砂滩和滩坝间微相,平面上该区滩坝砂体可分为近岸砂滩、近岸砂坝、坝间砂滩、远岸砂坝、远岸砂滩、水下隆起处砂坝和水下隆起处砂滩。此外,受风暴浪的影响,在浪基面和风暴浪基面之间的地带形成风暴沉积,主要由块状层理段、递变层理段、丘状交错层理段、平行层理段和块状泥岩段构成。该组合沉积体系的形成主要受古地形、物源性质、湖平面变化等方面的影响。

关键词 惠民凹陷 中央隆起带 滩坝 风暴岩 沉积模式

第一作者简介 张鑫 男 1980 年出生 博士 沉积学与石油地质学 E-mail: zhxou@126.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

滩坝相沉积是陆相湖盆滨浅湖区常见的一种沉积类型,作为含油气盆地良好的油气储集体,碎屑滩坝相沉积目前已引起人们的重视^[1,2]。滩坝沉积微相划分为滩坝主体、滩坝边缘和滩坝间 3 种^[3]。也有的学者曾将滩亚相分为滩主体、滩边缘和滩间微相;坝亚相分为坝主体、坝边缘和坝间微相^[4]。

对于风暴岩沉积的研究,自 Kelling 等^[5]提出, Agner^[6]重新定义风暴岩 (tempestites) 以来,一度成为国内外沉积学界的研究热点,取得了不少成果^[7-10]。国内学者自 20 世纪 80 年代开始对风暴事件沉积进行研究,发表了大量有关风暴岩的论著^[11-17]。

1 地质背景

惠民凹陷位于渤海湾盆地济阳拗陷西部,是济阳拗陷内部最大的次级拗陷^[18],中央隆起带位于该拗陷的中西部,呈东西向延伸,把惠民凹陷分割成南北两部分,北部为滋镇洼陷,南部为临南洼陷,西部紧邻陵县凸起(图 1)。惠民凹陷的主要地层为古近系的沙河街组和东营组。沙四段沉积时期北部宁南断层活动剧烈^[19],持续的拉张作用,使沙四段沉积时期北部旋转半地堑转变为滚动半地堑。沙四上亚段时期为典型的北断南超、北陡南缓的不对称箕状盆地,南斜坡为凹陷向凸起的过渡地区,具缓坡带特征,主要发育三角洲沉积,北部斜坡带主要发育扇三角洲沉

积。而中央隆起带上则广泛发育有陆源碎屑滩坝沉积与风暴岩沉积(图 2 图 3)。

2 沉积相分析

2.1 滩坝沉积

2.1.1 岩性特征

惠民凹陷沙四上亚段滩坝沉积岩性大致可分为:粗砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩和碳酸盐岩,泥岩含量较高,以灰色和灰绿色为主,单层厚度一般 0.5~10 m,最厚为 48 m。砂岩以粉砂岩为主,含量为 29.14%,单层厚度一般 0.5~10 m,最厚 24 m,磨圆度好,分选较好。其次为细砂岩,含量为 9.26%,单层厚度一般 0.5~16 m,主要分布在砂坝沉积的中上部,砂岩磨圆度好,分选较好。中砂岩含量为 6.00%,单层厚度一般 1~6 m,多分布在砂坝沉积的顶部。粗砂岩含量较少,为 0.53%,分布在砂坝沉积的顶部。碳酸盐岩含量为 1.72%,主要为白云岩、生物灰岩和鲕粒灰岩。

2.1.2 沉积特征与沉积层序

该区滩坝砂岩中发育各种沉积构造,主要有层理、波痕、生物扰动、潜穴以及植物根茎等。层理主要有平行层理、波状层理、浪成沙纹层理、水流沙纹层理、低角度交错层理、块状层理等(图 2)。滩坝沉积中生物扰动非常发育,潜穴类型有垂直、倾斜、水平三种,潜穴中充填物多发生赤铁矿化,呈红色。

¹ 中国石油化工股份公司重大科技项目:“惠民凹陷深层(沙四段一孔店组)沉积体系、沉积演化与油气成藏条件研究”资助。
收稿日期:2008-03-14 收修改稿日期:2008-05-04

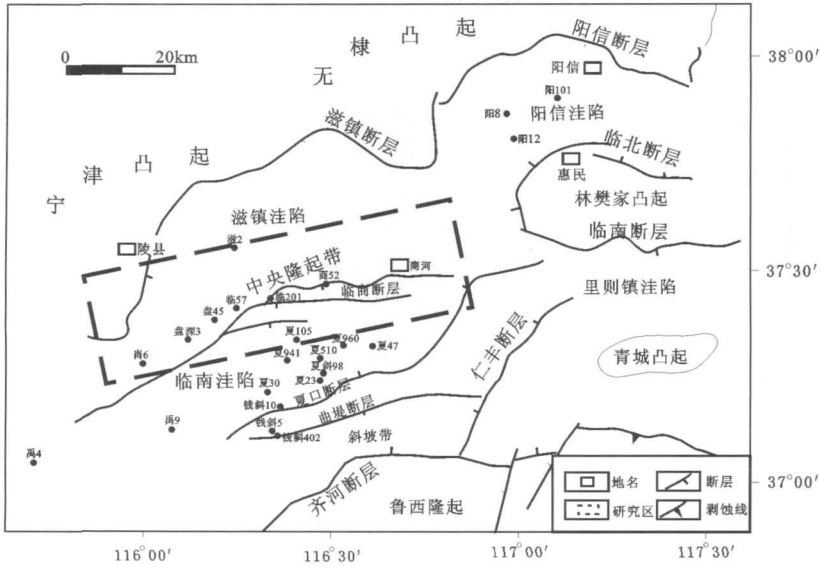


图 1 惠民凹陷构造位置图

Fig. 1 The map showing structural setting and location of Huimin depression



图 2 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段滩坝沉积构造特征

Fig. 2 The depositional structure characteristics of beach bar in the upper fourth member of Shahejie

Formation in the Central Uplift Belt in Huimin Depression

A 滋 2 井, 深度: 3 220.1 m, 浪成沙纹层理; B 夏 47 井, 深度: 2 446.1 m, 平行层理; C 夏 47 井, 深度: 3 027.4 m, 低角度交错层理; D 夏 47 井, 深度: 3 024.4 m, 低角度交错层理; E 夏 47 井, 深度: 3 021.8 m, 水流沙纹层理; F 临深 1 井, 深度: 3 051.3 m, 波状、脉状层理; G 临深 1 井, 深度: 3 039.4 m, 生物扰动构造; H 夏斜 96 井, 深度: 3 681.1 m, 炭屑; I 临深 1 井, 深度: 3 039.0 m, 螺化石;

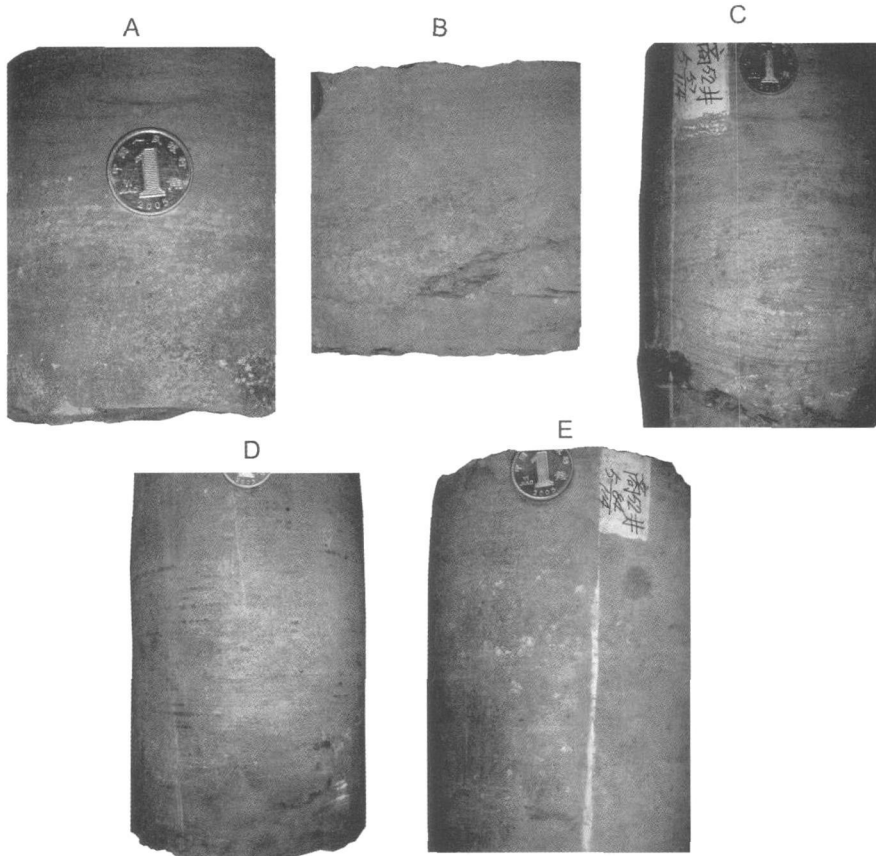


图 3 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段风暴岩沉积构造特征

Fig 3 The depositional structure characteristics of storm stone in the upper fourth member of Shahejie Formation in the Central Uplift Belt in Huimin Depression

A 商 52 井, 深度: 2 859.3 m, 浪成沙纹层理; B 商 52 井, 深度: 2 832.6 m, 平行层理; C 商 52 井, 深度: 2 860.5 m, 丘状交错层理, 底部侵蚀构造; D 商 52 井, 深度: 2 875.6 m, 风暴侵蚀构造; E 商 52 井, 深度: 2 868.0 m, 生物扰动构造;

该区滩坝微相可划分为砂坝、沙滩和滩坝间三种, 砂坝砂体岩性为粉砂岩、细砂岩和中砂岩, 砂体最厚的约 12 m, 砂坝砂体底部与突变接触或渐变接触, 顶部与泥岩突变接触, 向上呈反韵律特征, 由下向上为水流沙纹层理粉砂岩、平行层理粉砂岩、低角度交错层理细砂岩和低角度交错层理中砂岩, 砂岩中由炭屑显纹层, 含螺化石。沙滩砂体厚度较小, 砂厚 0.2 ~ 1 m 不等, 岩性主要为波状层理和流水沙纹层理粉砂岩, 生物扰动构造发育。滩坝间微相主要为灰色或灰绿色泥岩, 含少量的泥质粉砂岩等, 主要发育水流沙纹层理、波状—透镜状层理 (图 4)。

2.2 风暴岩沉积

2.2.1 沉积构造特征

风暴流本身也是一种密度流, 但它具有牵引流的性质, 风暴流源自湖盆, 可分为向岸的表流和离岸的底流。风暴流具有波浪和流动的性质, 是振荡运动和

水平运动的合成, 因此它产生了一系列特有的沉积构造特征。惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段风暴沉积风暴侵蚀构造发育非常明显, 这是风暴峰期所产生的涡流对风暴期前形成的沉积物进行冲刷、掏蚀和改造而形成底部的冲刷—充填构造 (图 3), 保存于沉积物底面的侵蚀构造是识别风暴岩的重要标志。风暴岩的底面所形成的这种侵蚀构造, 可以是较浅的伸长状的对称冲蚀沟模, 常称之为渠模; 可以是坑状的铸型, 称之为钵模; 还可以是不规则的充填构造, 常称之为口袋构造。

惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段风暴岩相从下往上主要发育块状层理、递变层理、平行层理、丘状交错层理和浪成沙纹层理, 其中丘状交错层理的出现, 是风暴作用的直接证据。大多数研究者认为, 丘状交错层理是由振荡水流或多向水流形成的, 它形成于正常浪底之下, 风暴浪底之上, 是在风暴浪减弱时由振

荡水流形成的, 与国外报道的丘状层理比较, 该湖泊丘状层理的规模较小。浪成沙纹层理的出现是波浪活动的鉴别的标志, 它的出现无疑是风暴作用的证据之一。该区风暴岩还见生物成因构造, 包括生物潜穴、生物钻孔和生物逃逸等。

2.2.2 沉积层序

该区完整的风暴沉积层序主要由 Sa Sh Sc Sd Se 五种沉积单元构成 (图 4): Sa 为块状层理段, 由具块状层理的含泥砾砂岩、粗砂岩构成, 代表风暴涡流沉积, 底部具有明显的冲刷面、渠模等侵蚀构造。Sb 为递变层理段, 由平行层理中细砂岩构成, 具有剥离线理, 代表风暴油流沉积^[20]。Sc 为丘状交错层理段, 是风暴沉积中特有的一段^[21], 由具丘状交错层理和浪成沙纹层理的粉细砂岩构成, 代表风暴浪作用沉积。Sd 为波状层理段, 由具波状—透镜状层理、平行层理的粉砂岩、泥质粉砂岩组成, 可见角度平缓的波状层理和断续的水平纹层以及平缓的爬升层理, 包卷层理等也常出现在该段。Se 为泥岩段, 主要岩性为泥质粉砂岩—泥岩, 内部见砂条、砂球、泥砾及生物扰

动构造, 为风暴后期的快速悬浮沉积。砂岩粒度概率曲线主要为两段式或三段式, 跳跃组分含量较高, 可达 95% 以上, 且斜率较陡, 说明分选性好 (图 5), 滚动组分和悬浮组分含量较低, 有的甚至缺少滚动组分, 反映了风暴沉积的特征。

3 沉积相分布特征

在沙四上亚段时期, 惠民凹陷在湖盆南北边缘发育了三角洲和扇三角洲沉积, 中央隆起带为水下隆起区, 致使浅湖区大面积分布。宽阔的滨浅湖区由于缺乏大型的河流作用, 在湖岸流和沿岸流的作用下, 形成了与岸线走向平行或斜交的滩坝砂体和风暴岩沉积。砂体的陆源碎屑物质主要来自附近三角洲和扇三角洲砂体, 经湖浪和沿岸流再搬运再沉积而成。由于砂质沉积物经反复的淘洗筛选, 其成熟度较高, 泥质含量少, 以中细砂岩和粉砂岩最为常见, 并常含生物碎屑和炭屑。砂体上下常是灰绿色或浅灰色含湖相化石的滨—浅湖亚相泥岩。坝砂岩性剖面为厚层砂岩与厚层泥岩的互层, 砂层层数少但单层厚度大,

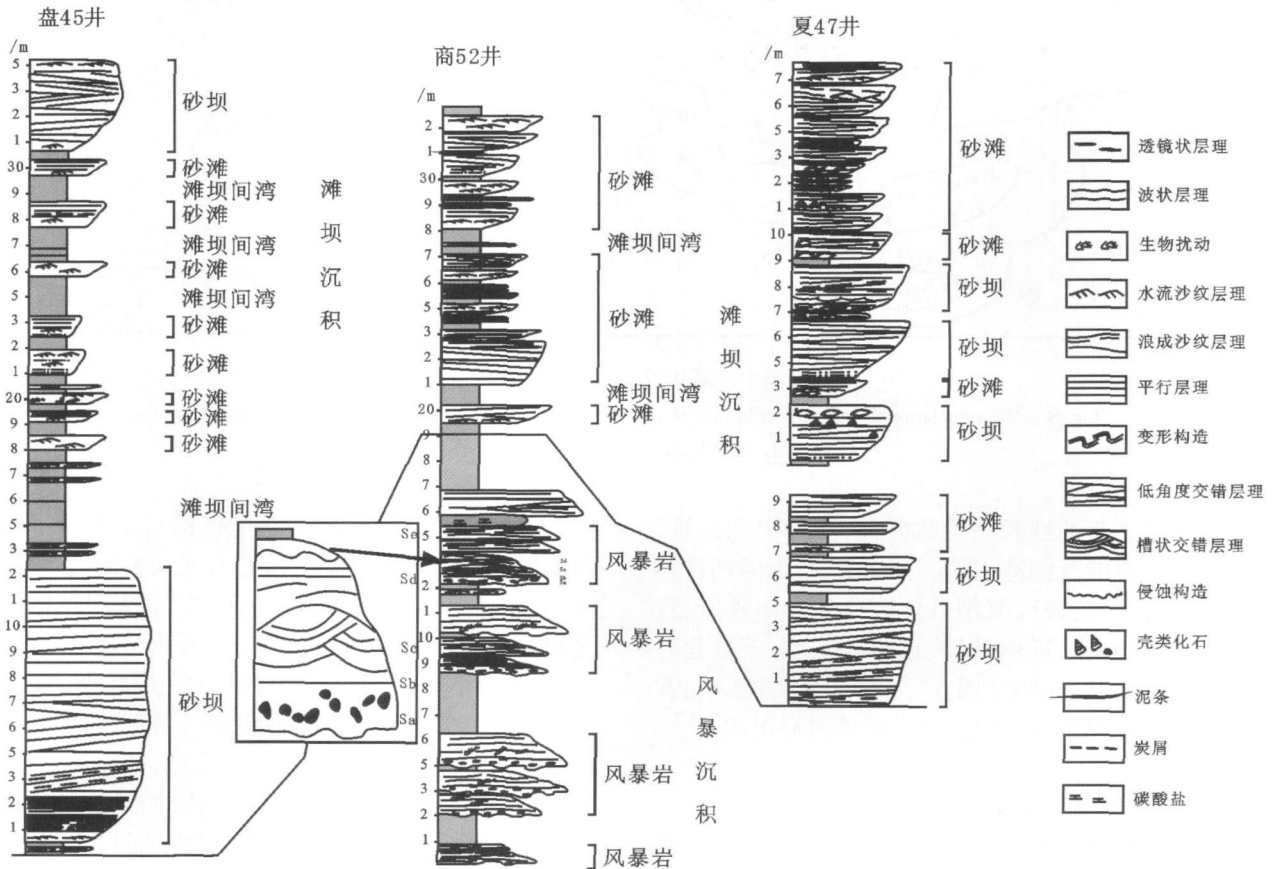


图 4 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段滩坝和风暴岩组合沉积层序

Fig 4 The depositional sequence of mixed deposit of beach bar and storm stone in the upper fourth member of Shahejie Formation in the Central Uplift Belt in Hum in Depression

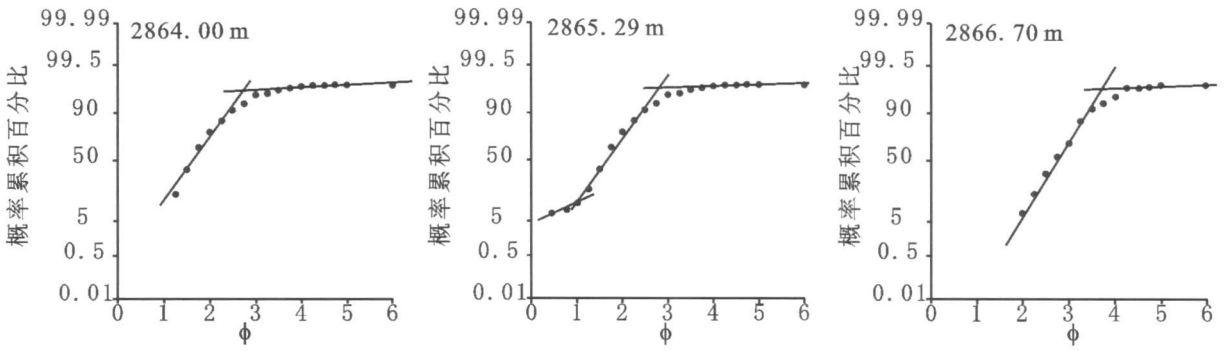


图 5 惠民凹陷中央隆起带商 52 井沙四上亚段风暴沉积粒度分布特征

Fig. 5 The distribution of sizes of storm stone in Shang 52 well in the upper fourth member of Shahejie Formation in the Central Uplift Belt in Huimin Depression

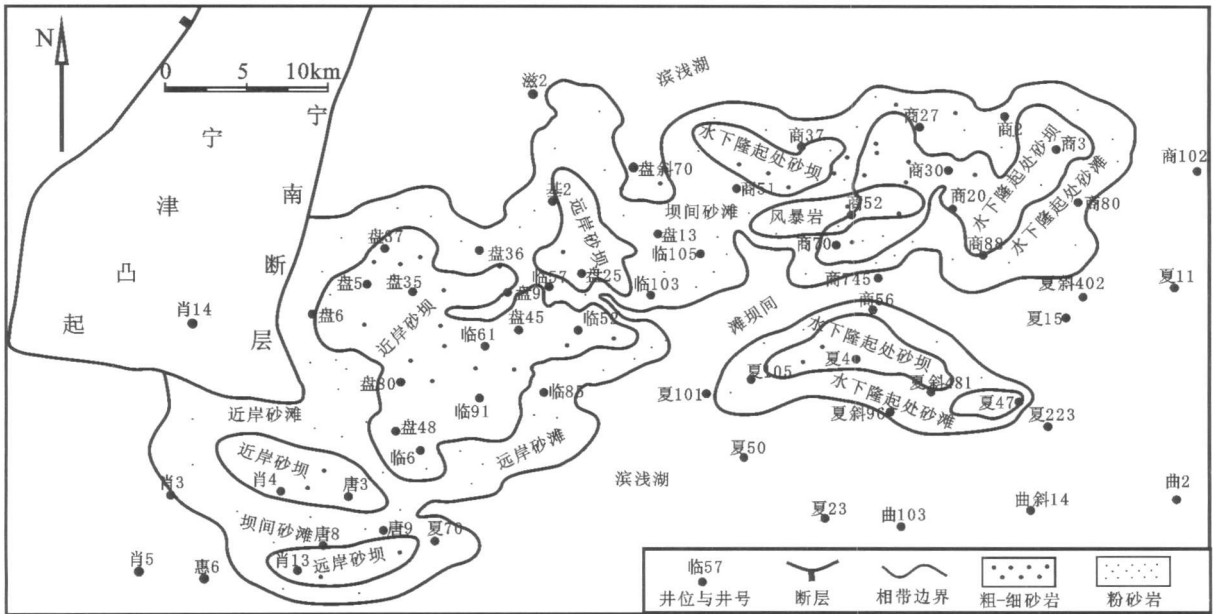


图 6 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段沉积相分布平面图

Fig. 6 The depositional facies distribution of the upper fourth member of Shahejie Formation in the Central Uplift Belt in Huimin Depression

产状为与岸平行的细长条带状砂体,可能出现几排,与岸之间也可能有湖湾相隔。平面上,根据滩坝砂体所处的地理位置,该区滩坝砂体可分为近岸沙滩、近岸砂坝、坝间沙滩、远岸砂坝、远岸沙滩、水下隆起处砂坝和水下隆起处沙滩(图 6)。受风暴浪的影响,在浪基面和风暴浪基面之间的地带形成风暴沉积。

4 沉积模式

通过对惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段沉积相的详细分析,发现滩坝沉积是其最为特征的沉积体系。滩坝沉积的规模和形态是由湖泊特定的水动力状况所决定的,湖水的主要运功形式是波浪和沿岸

流,与海洋相比缺乏潮汐作用。波浪对湖滩的塑造对沿岸砂坝和沙滩沉积都起着极其重要的作用。沿用海洋浪控碎屑滨岸沉积的名词,湖泊洪水面和枯水面之间的地带,即滨湖区,沉积物主要为分选较好的砂岩,也有薄层泥质沉积。惠民凹陷中央隆起带坡度较缓,滨湖区较宽,发育大面积的沿岸滩砂。枯水面和好天气时的浪基面之间地带为浅湖区,全部处于水下,沉积物始终遭受波浪的冲洗、扰动,常常发育一个或多个平行或斜交湖岸的砂坝,砂坝之间为薄层的坝间滩砂沉积,惠民凹陷中央隆起带近滨带一般发育两列砂坝,可以称作近岸砂坝和远岸砂坝,一般近岸砂坝沉积厚度及规模较大,远岸砂坝一般规模较小,有

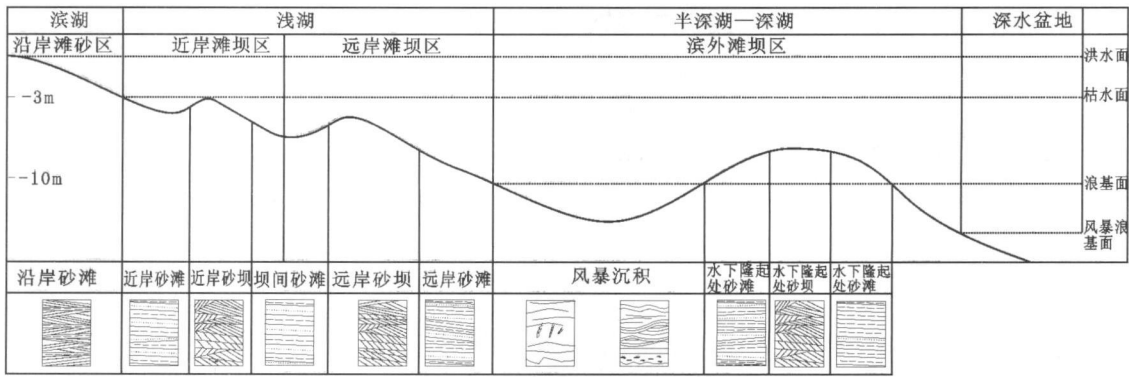


图 7 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段沉积模式图

Fig 7 The depositional model of the upper fourth member of Shahejie Formation in the Central Uplift Belt in Huimin Depression

些地区只在近岸处发育砂坝。在浪面以外地带属于半深湖区, 泥质沉积为主。在湖盆内部可出现水下古隆起, 古隆起一般能够突出到浪基面之上, 受到波浪的作用, 其所处的环境与浅湖区相似, 也可以发育砂坝和砂滩沉积。在浪基面和风暴浪基面之间的地带可以受到风暴浪的影响, 形成风暴沉积(图 7)。

5 形成条件

根据惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段的沉积特征、沉积模式并结合当时的沉积背景, 对该地区的滩坝与风暴组合沉积形成条件进行了探讨, 主要形成条件有古地形、物源性质和湖平面变化等几方面。

5.1 古地形

构造运动控制物源区和沉积区的分布和状态, 也控制盆地类型和形态^[22], 惠民凹陷中央隆起带在大的地质背景上属于断陷湖盆惠民凹陷的水下隆起部分, 其基底岩层平缓, 上覆岩层整体形态皆受基底岩层控制, 其北部为滋镇洼陷, 南部为临南洼陷。中央隆起带所处的地区在沙四上亚段时期水体较浅, 盆地边缘的三角洲和扇三角洲砂体在岸流和波浪的再搬运和再沉积作用下, 形成了平行或斜交与湖岸的滩坝沉积。由于研究区具有地形平缓、水体较浅和湖盆边缘碎屑物质丰富等地质条件^[18], 风暴流和风暴回流很容易产生, 从而形成各种类型的风暴沉积。

5.2 物源性质

惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段沉积时期为开阔的滨浅湖沉积, 西部缓斜坡无大型的河流注入, 而此时惠民凹陷南部和北部分别发育了三角洲沉积和扇三角洲沉积, 在湖浪及沿岸流的作用下三角洲砂质沉积物可以为惠民凹陷中央隆起带提供一定的碎屑物质。除在正常天气下碎屑物质在横向和纵向波浪

作用下的搬运和沉积作用外, 还有阵发性的风暴浪将滨浅湖沉积物卷起而重新搬离或搬相湖岸。风暴浪基面可构成比正常波浪更深的浪基面, 由于浪基面的降低, 原正常浪基面附近的沉积物被冲刷, 形成侵蚀面, 并有粗碎屑充填。天气好时, 又转入正常沉积作用, 再度沉积最细的悬浮物质, 形成了风暴沉积。

5.3 湖平面变化

滩坝砂的发育与湖平面的升降密切相关, 由于周期性的气候影响, 湖岸线随之也发生频繁的进退, 湖退时砂坝也向湖方向推进。由于较强的波浪以及沿岸流的作用, 砂坝除向湖方向推进以外, 亦可使之在平行岸线方向迁移, 最终形成面积分布广、若干砂岩层叠加的剖面结构^[23]。惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段处于湖平面上升时期, 当在湖平面上升速率明显减慢接近最高点时, 波浪开始冲刷湖岸并发育滩坝砂, 此时滩坝砂逐渐向岸方向退积; 如果在湖平面上升过程中, 遇到因正向同生断层形成的地表陡坎, 则陡坎会促使上升的湖平面在一定时期内出现较稳定的湖岸带, 陡坎下迅速加深的水体又有利于产生较强波浪, 将更进一步促进滩坝砂的发育。湖平面的变化对风暴沉积也有较大的影响, 随着湖平面的上升, 风暴对底层沉积物的影响逐渐变小, 因此, 可以形成风暴沉积序列的不同类型。

6 结论

(1) 惠民凹陷中央隆起带沙四上亚段发育滩坝和风暴岩组合沉积, 该区滩坝砂体可分为砂坝、砂滩和滩坝间微相, 平面上根据所处的沉积环境滩坝砂体可分为近岸砂滩、近岸砂坝、坝间砂滩、远岸砂坝、远岸砂滩、水下隆起处砂坝和水下隆起处砂滩。

(2) 受风暴浪的影响, 在浪基面和风暴浪基面之

间的地带形成风暴沉积, 该区一个完整的风暴岩层序主要由块状层理段、递变层理段、丘状交错层理段、平行层理段和块状泥岩段构成。

(3) 该组合沉积体系的形成主要受古地形、物源性质和湖平面变化等方面的影响。平缓的地形为滨浅湖的形成提供了地形条件; 该时期惠民凹陷中央隆起带缺乏大型河流注入, 凹陷南部的三角洲砂体和北部的扇三角洲砂体在湖流和波浪的作用下为该区提供了一定量的碎屑物质; 湖平面的升降影响了沉积区带的迁移。

参考文献 (References)

- Christopher H, Brian G. Hydrodynamics and sediment transport within the inner surf zone of a lacustrine multiple-barred nearshore [J]. *Marine Geology*, 2005, 218: 37-63
- 朱筱敏, 信荃麟, 张晋仁. 断陷湖盆滩坝储集体沉积特征及沉积模式 [J]. *沉积学报*, 1994, 12(2): 20-27 [Zhu Xiaomin, Xin Quanlin, Zhang Jinren. Sedimentary characteristics and models of the beach-bar reservoirs in faulted down lacustrine basins [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(2): 20-27]
- 刘为付, 刘双龙, 孙立新, 等. 大港枣园油田孔二段储层综合评价 [J]. *大庆石油学院学报*, 2000, 24(3): 5-7 [Liu Weifu, Liu Shuanglong, Sun Lixin, et al. Comprehensive evaluation of reservoir on Ek₂ formation of Zaoyuan oil field [J]. *Journal of Daqing petroleum institute*, 2000, 24(3): 5-7]
- 曾发富, 董春梅, 宋浩生, 等. 滩坝相低渗透油藏储层非均质性与剩余油分布 [J]. *石油大学学报*, 1998, 22(6): 39-42 [Zeng Fafu, Dong Chunmei, Song Haosheng. Heterogeneity and residual oil distribution of reservoirs with beach bar facies and low permeability [J]. *Journal of the University of Petroleum, China Edition of Natural Science*, 1998, 22(6): 39-42]
- Kelling G, Mullin P R. Graded limestones and limestone quartzite couplets: possible storm-sediments from the Pleistocene of Massachusetts [J]. *Petrology*, 1975, 38: 971-984
- Aigner T. Schilf tempestite in Oberen Muschelkalk (Trias SW-Deutschland) [J]. *Journal of Geology, Paläont Abh*, 1979, 157: 326-343
- Dott R H, Bourgeois J. Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequence [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1982, 93: 663-680
- Hall A M, Hansam J D, Williams D M, et al. Distribution, geomorphology and lithofacies of cliff-top storm deposits: examples from the high energy coasts of Scotland and Ireland [J]. *Marine Geology*, 2006, 232(3-4): 31-155
- Jach R. Storm-dominated deposition of the Lower Jurassic crinoidal limestones in the Krizna unit, Western Tatra Mountains, Poland [J]. *Facies*, 2005, 50(3-4): 561-572
- Savrida C E, Nanson I L. Technology of fair-weather and storm deposits in an Upper Cretaceous estuary (Eutaw Formation, western Georgia, USA) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2003, 202(1-2): 67-83
- 杜远生. 广西北海涠洲岛第四纪湖光岩组的风暴岩 [J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 2005, 30(1): 47-51 [Du Yuansheng. Tempestite in the Quaternary Huguangyan Formation in Weizhou Island, Beihai City, Guangxi [J]. *Earth Science Journal of China University of Geosciences*, 2005, 30(1): 47-51]
- 杜远生, 周道华, 龚淑云, 等. 甘肃靖远—景泰泥盆系湖相风暴岩及其古地理意义 [J]. *矿物岩石*, 2001, 21(3): 69-73 [Du Yuansheng, Zhou Daohua, Gong Shuyun, et al. Tempestite and its palaeogeographical significance of Devonian in Jingyuan and Jingtai counties, Gansu Province [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2001, 21(3): 69-73]
- 杨宝忠, 杨坤光, 夏文臣. 鄂东黄石地区中上寒武统风暴岩的发现及意义 [J]. *地质科技情报*, 2007, 26(3): 33-36 [Yang Baozhong, Yang Kunguang, Xia Wenchen. Discovery of Middle Upper Cambrian tempestites and its significance in Huangshi, Eastern Hubei Province [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2007, 26(3): 33-36]
- 王为. 香港海滩岩与海滩风暴沉积 [J]. *中国科学: D辑*, 1998, 28(3): 257-262 [Wang Wei. Sediments of beach sandstone and beach storm in Hongkong [J]. *Science in China Series D*, 1998, 28(3): 257-262]
- 姜在兴, 赵澄林, 刘孟慧, 等. 东濮凹陷西部湖相风暴沉积的初步研究 [J]. *沉积学报*, 1990, 8(1): 107-113 [Jiang Zaixing, Zhao Chenlin, Liu Menghui, et al. Preliminary research on lacustrine storm-current deposits: an example from the western Dongpu Depression [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1990, 8(1): 107-113]
- 杨剑萍. 惠民凹陷中央隆起带下部下第三系沙河街组三段上部的风暴重力流沉积 [J]. *石油大学学报: 自然科学版*, 2000, 24(1): 26-29 [Yang Jianping. Storm deposits in the upper Sha-3 member of Eogene system in western central uplift belt of Huimin depression [J]. *Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science)*, 2000, 24(1): 26-29]
- 张金亮. 东濮凹陷沙三段的风暴沉积 [J]. *沉积学报*, 1998, 6(1): 50-57 [Zhang Jinliang. Tempestite in the Sha-3 member of Dongpu Depression [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 6(1): 50-57]
- 杨剑萍. 山东惠民凹陷中央隆起带古近系沙河街组层序地层特征及控制因素研究 [J]. *沉积学报*, 2003, 21(4): 670-674 [Yang Jianping. The sequence stratigraphy characteristics and controlling factors of the Shahejie Formation of the Central Uplift Belt in Palaeogene in Huimin Depression, Shandong Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(4): 670-674]
- 陈书平, 戴俊生, 李理. 惠民—东营盆地构造特征及控油作用 [J]. *石油与天然气地质*, 1999, 20(4): 344-348 [Chen Shuping, Dai Junsheng, Li Li. Tectonic features of Huimin-Dongying Basin and its control over oil [J]. *Oil & Gas Geology*, 1999, 20(4): 344-348]
- 曾雄伟, 杜远生, 张哲, 等. 广西桂林地区中、上泥盆统风暴岩沉积特征及其地质意义 [J]. *地质科技情报*, 2007, 26(6): 42-46 [Zeng Xiongwei, Du Yuansheng, Zhang Zhe, et al. The sedimentary

- characteristics of the Middle-Upper Devonian tempestite in Guilin Guangxi and its geological implications [J]. Geological Science and Technology Information, 2007, 26(6): 42-46]
- 21 袁静. 山东惠民凹陷古近系风暴岩沉积特征及沉积模式 [J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 43-49 [Yuan Jing. The sedimentary characteristics and models of Paleogene tempestites in Huimin Sag, Shandong Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 43-49]
- 22 张金亮, 司学强. 断陷湖盆碳酸盐与陆源碎屑组合沉积——以东营凹陷金家地区古近系沙河街组第四段上亚段为例 [J]. 地质论评, 2007, 53(4): 448-453 [Zhang Jinliang, Si Xueqiang. Mixed siliciclastic-carbonate sediment in rift lacustrine basin: a case on the Upper Part of the Fourth Member of the Eogene Shahejie Formation in Jinjia Area, Dongying Depression [J]. Geology Review, 2007, 53(4): 448-453]
- 23 侯方浩, 蒋裕强, 方少仙, 等. 四川盆地上三叠统香溪组二段和四段砂岩沉积模式 [J]. 石油学报, 2005, 26(2): 30-37 [Hou Fanghao, Jiang Yuqiang, Fang Shaoxian, et al. Sedimentary model of sandstone in second and fourth members of Xiangxi Formation in the Upper Triassic of Sichuan Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(2): 30-37]

Composite Deposits of Beach Bar and Tempestite in the Upper Fourth Member of Shahejie Formation in the Central Uplift Belt of Huimin Depression

ZHANG Xin¹ ZHANG Jin-liang^{1,2}

(1 College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao Shandong 266100;

2 College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract The delta and fan delta deposits developed in the period of the upper fourth member of Shahejie Formation in the edge Huimin depression. The beach bars and tempestite which parallel or diagonal to the praya developed in the meare area in central uplift belt on the effect of lake wave and coastal current. The maturity of beach bar is higher and the shale content is short. The lithologic characters are medium-fine sandstones and siltstones mainly, and light conglomerates exist too. The dissoconch fossil, biogenic debris and charcoal debris are usually observed in the sandstones. The microfacies of beach bar are divided into sandy bar, sandy beach and inter beach bar. The sandstones include nearshore sandy beach, nearshore sandy bar, and sandy beach between bar, infralittoral sandy bar, infralittoral sandy beach, underwater uplift sandy bar and underwater sandy beach plain. The tempestites formed in the belt of wave based surface and storm wave based surface. They are constituted of massive bedding section, graded bedding section, moundy cross bedding section, parallel bedding section and massive mud section. The formations of the mixed depositional systems are under the control of palaeotopography, provenance and change of lake surface, and so on.

Key words Huimin depression, central uplift belt, beach bar, tempestite, depositional model