

古湖岸线确定及其对优质储集层控制^① ——以鄂尔多斯盆地北部地区盒8段为例

张辉^{1,2} 王怀厂¹ 刘新社¹ 赵会涛¹

(1.中国石化长庆油田分公司勘探开发研究院 西安 710018;2.低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 西安 710018)

摘要 古湖岸线是历史时期湖平面与古陆地的交线,是陆上和水下沉积的分界线。确定古湖岸线的位置对于油气勘探起着重要的指导作用。在利用泥岩颜色、泥岩X衍射分析以及自然伽马曲线特征等常规湖岸线识别方法的基础上,从有机岩石学分析的全新角度认识研究区盒8段沉积环境,确定了盒8期古湖岸线具体位置及湖岸线摆动区。沉积盆地中古湖岸线控制了优质储集层的形成与发育,由于砂岩粒度、软岩屑含量、填隙物组成的差异以及后期成岩作用导致水上沉积带砂岩物性要优于岸线摆动沉积带和水下沉积带砂岩。

关键词 鄂尔多斯盆地 盒8段 古湖岸线 识别标志 优质储集层

第一作者简介 张辉 男 1976年出生 工程师 油气地球化学 E-mail:zhanghui01_cq@petrochina.com.cn

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

湖岸线是历史时期湖平面与古陆地的交线,是陆上和水下沉积的分界线。其位置与演化受到湖平面变化、邻近地貌、水动力环境及沉积物供给综合控制,表现为一个动态平衡的界面^[1],反映地质时期湖平面某一相对稳定时期的湖岸线即为古湖岸线。古湖岸线的研究最初主要集中在第四纪残留湖岸线的变迁、湖平面变化及气候演化方面^[2-4]。在油气沉积地质领域,古湖岸线控制着砂体类型、砂体形态和砂体组合及油气成藏^[5-9],因此,确定古湖岸线的位置对于油气勘探起着重要的指导作用^[10]。

鄂尔多斯盆地北部地区盒8段储层砂体具有低孔低渗、非均质性强、砂体展布复杂等特征。然而,储集砂体的分布主要受沉积相控制。近年来,众多学者对上古生界盒8期沉积环境、沉积相类型及特征开展了相关研究^[11-14],但是盒8期湖岸线的具体位置仍难以确定,湖岸线演化研究较粗,由此造成的争议颇多,主要体现在同一沉积期湖岸线的展布特征,湖盆的面积,以及各个沉积期湖岸线的演化规律。而关于古湖岸线对优质储集层的控制作用方面的研究更鲜有报道。因此,本文试图在常规湖岸线识别方法的基础上,从有机岩石学分析的全新角度认识研究区盒8段沉积环境,明确盒8段沉积时期的古湖岸线位置。在此基础上探讨了古湖岸线对优质储集层的控制作用,为

研究区盒8期三角洲沉积模式的建立提供理论依据。

1 地质背景

鄂尔多斯盆地北部地区北起伊金霍洛旗,南至高桥,东至榆林,西到乌达,面积约 $9 \times 10^4 \text{ km}^2$,区域构造隶属伊陕斜坡(图1)。鄂尔多斯盆地作为华北地台西端的次级构造单元,其晚古生代的构造演化与华北地台相一致,主要受北侧的兴蒙海槽、南和西南缘的秦祁海槽的洋底扩张及大洋板块的俯冲、消减作用控制^[15],同时受到特提斯构造域和太平洋构造域的双重作用。早古生代盆地区主要为陆表海,周围被古陆和岛屿环绕,形成厚层碳酸盐岩沉积建造。中奥陶世后,盆地整体隆起遭受长期风化剥蚀,形成了极具天然气勘探意义的奥陶系顶部古风化面。晚石炭世华北地台整体缓慢下沉接受沉积,呈NNE向的隆拗构造格局,中部是中央古隆起、西侧为贺兰裂陷带、东面是克拉通内浅陷^[16],北缘为阴山古陆、西北缘是阿拉善地块、南缘有秦岭—中条古陆,并在风化壳之上形成碎屑岩与碳酸盐岩交互的含煤沉积,构成上古生界含油气系统。早二叠世东西部海水汇合,区域上形成碳酸盐台地、障壁岛、浅水三角洲交互的含煤沉积。中—晚二叠世,随地台抬升、海水退缩,演变为近海内陆拗陷充填,形成冲积扇、河流、三角洲、湖泊沉积;晚

^①国家科技重大专项(编号:2011ZX05007-004)资助

收稿日期:2014-03-07;收修改稿日期:2014-06-05

二叠世晚期陆表海消亡,转化为内陆拗陷,形成以湖泊沉积为主的河湖充填^[15]。

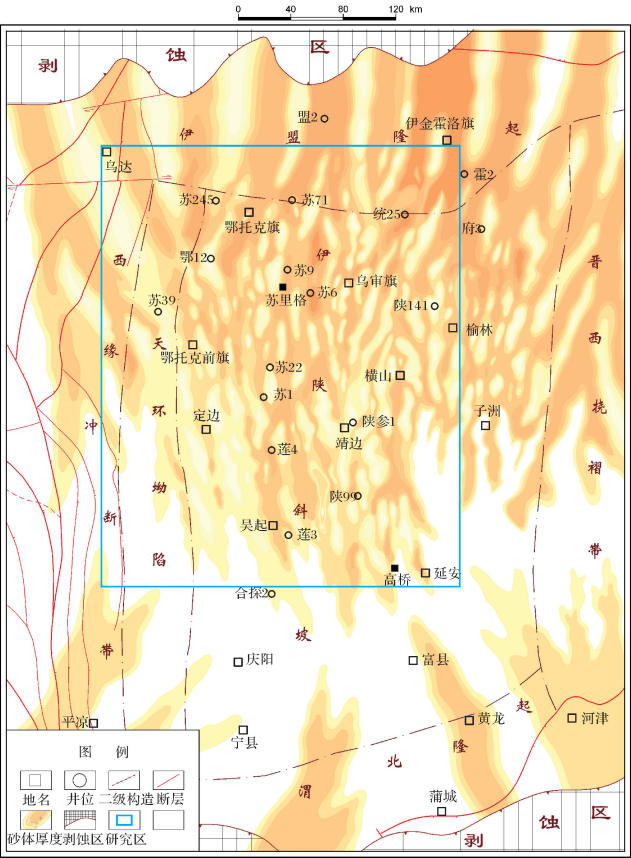


图1 鄂尔多斯盆地构造单元及研究区位置
Fig.1 Locations of structural units and the study area in Ordos Basin

2 古湖岸线的识别标志

古湖岸线的位置通常根据沉积学、古生物学、地球物理及地球化学等沉积相标志进行推测^[17-23]。本文作者除采用泥岩颜色、测井曲线特征、黏土矿物特征等常规识别方法外,主要以有机岩石学为基础划分沉积有机相,确定盒8期古湖岸线位置。

2.1 沉积学标志

研究沉积相的沉积学标志,包括沉积岩颜色、成分、岩石组合、结构及粒度分布、沉积构造、剖面结构或序列等。其中泥岩颜色是沉积岩最直观、最醒目的标志,是沉积环境的良好指示剂。沉积岩颜色的变化除取决于成份外,还与其沉积环境密切相关。因此,在判别沉积环境时,泥岩颜色具有非常重要的作用。研究区600余口井岩芯和岩屑描述资料统计分析结果表明,盒8段泥岩颜色以定边—莲4井—陕99井—子洲一线为界,北部主体表现为棕红色+杂色分

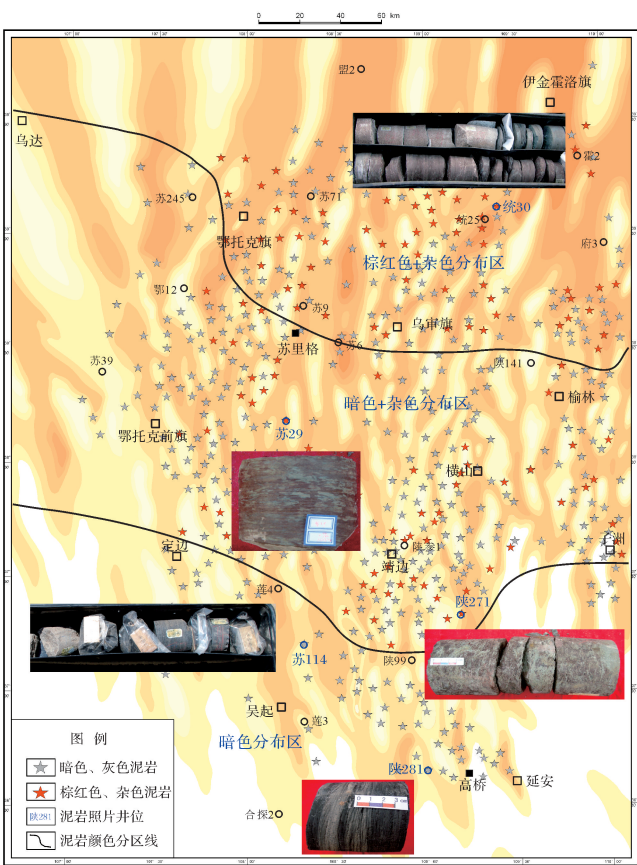


图2 盆地北部地区盒8泥岩颜色分布图
Fig.2 Distribution of color of mudstone of He 8 in North Ordos Basin

布区和暗色+杂色分布区为主的水上沉积特征,南部则主要呈现暗色、灰色为主,表现出水下暗色系沉积特征(图2)。

2.2 有机岩石学特征

有机岩石学是用岩石学理论和方法研究沉积岩中的有机质。有机岩石学使用的最基本的岩石单位是显微组分,它相当于无机岩石中的矿物。一定沉积环境下可形成一定特性的有机岩石成分,反之,据某种特定的有机岩石成分则可推测其形成的特定环境。因此,以有机岩石学理论为基础,研究沉积岩显微组分组成及其组合,有助于了解沉积环境,从而确定某一沉积时期的古湖岸线位置^[24-26]。

泥岩颜色统计结果显示,在北部鄂托克前旗地区也存在较多的暗色泥岩,为了鉴别其与南部定边—高桥地区暗色泥岩在成因方面的差异,开展了暗色泥岩干酪根显微组分分析。分析结果表明鄂托克前旗地区暗色泥岩显微组分组成可分为三类:A类以富含镜质组、贫无定形为特征,镜质组含量在85%以上,无

定形含量<7%,表明其母质来源于陆源高等植物;B类为以镜质组占优势,无定形含量明显增加,介于33%~35%,表明其母质主要为陆源高等植物,且混有低等水生生物;C类为以镜质组或镜质组+惰质组含量弱优势为特征,反映陆源高等植物与低等水生生物均势的母质特征,鄂托克前旗地区三类显微组分组成的变化指示泥岩沉积从陆上到水下或水陆过渡环境的演化。定边—高桥地区盒8段暗色泥岩显微组分组成同样可分为三类:A类为西南部的惠探1井和南部的陕339井,具有较高的镜质组含量,镜质组含量大于69%,这可能是由于沼泽泥炭中的腐殖物质受流水搬运,在南部再沉积,从而导致定边—高桥地区泥岩中镜质组含量较高;B类为苏264井和陕344井,以镜质组和无定形含量接近为特征,呈现陆源高等植物与低等水生生物均势的母质特征;C类以无定型高含量为主,含量在64%以上,表明其母质为以藻类为主的低等水生生物,定边—高桥地区三类显微组分组成的变化指示泥岩沉积从陆上或水陆过渡到深水环境的演化(表1)。

本文根据有机岩石成分组成,借鉴 Hacguburd 等^[27]岩相图解分析有机质的生成环境。结果显示(图3),鄂托克前旗地区盒8段暗色泥岩发育二种沼泽环境,一种是河间洼地沼泽带的陆地森林沼泽相,

形成于水上环境,镜质组是主要的显微组分,含有少量的无定形和惰性组成分;另一种形成于近岸浅湖区的覆水森林沼泽相,形成于水下浅水环境,无定形成分相对富集。定边—高桥地区暗色泥岩发育浅水环境中的覆水森林沼泽相和湖泊环境中开阔水体相,前者形成于水下浅水环境,后者为深水环境。根据盒8段暗色泥岩有机相平面分布特征,将苏38井—苏327井—陕9井一线作为陆上和水下沉积的分界线,即三角洲平原与三角洲前缘的分界线,结合泥岩颜色分布特征,将定边—陕344井—陕301井—子洲一线作为浅水区和深水区的分界线(图4)。

2.3 黏土矿物特征

通过对黏土矿物组成和含量的研究,确定沉积环境水体的酸碱度,从而判断其所处于陆上还是水下的沉积环境。一般来说,在母岩区性质、气候条件相似的同盆地,水介质偏酸性,多反映陆上或近岸高能环境。相反,偏碱性,多反映远岸静水环境^[28]。通常高岭石是在酸性介质条件下形成的,反映了沉积环境为近岸浅水或河流沼泽环境;伊利石和伊/蒙混层矿物的存在反映了碱性介质条件,反映了沉积环境为远岸湖泊环境^[28]。

暗色泥岩X衍射分析表明(表2),定边—高桥地区具有伊利石、伊/蒙混层矿物含量较高,高岭石含量

表 1 盒 8 段暗色泥岩显微组份分析表

Table 1 The compositions of the micro-components of dark mudstones of He 8 interval

地区	井 号	井深/m	无定形/%	壳质组/%	镜质组/%	惰质组/%	类型指数	类型
鄂托克前旗	鄂 7	3 832.2	1.5	1	88	9.5	-73.5	Ⅲ
	苏 40	3 740.2	4.4	0.4	95.2	0	-66.8	Ⅲ
	苏 38	3 685.03	4.6	2	92.4	1	-64.7	Ⅲ
	苏 327	3 669.12	6.8	0.6	85.2	7.4	-64.2	Ⅲ
	苏 329	3 549.9	33	1	66	0	-16	Ⅲ
	苏 38	3 679.8	35	1	64	0	-12.5	Ⅲ
	苏 180	3 690.81	42.2	0	55.2	2.6	-1.8	Ⅲ
	陕 9	2 652.44	44.75	3.25	24.5	27.5	0.5	Ⅱ 2
	苏 40	3 743.16	46.8	0	53.2	0	6.9	Ⅱ 2
	惠探 1	3 956.12	20.8	2.2	69.6	7.4	-37.7	Ⅲ
	陕 339	3 397.8	21	1	78	0	-37	Ⅲ
	苏 264	3 555.3	45.8	0	54.2	0	5.2	Ⅱ 2
	陕 344	3 747.34	51.8	1.4	42.6	4.2	16.4	Ⅱ 2
	陕 301	3 187.15	64.4	0.4	35	0.2	38.15	Ⅱ 2
定边—高桥	苏 313	4 022.78	66.2	0	33.4	0.4	40.8	Ⅱ 1
	陕 335	3 715	68	1	31	0	45.25	Ⅱ 1
	陕 301	3 148.62	70.8	4	25.2	0	53.9	Ⅱ 1
	苏 197	3 788.29	79.6	0	18.6	1.8	63.9	Ⅱ 1
	苏 110	3 743.28	95	0.2	4.4	0.4	91.4	I
	陕 289	2 921.39	95.2	0	4.8	0	91.6	I

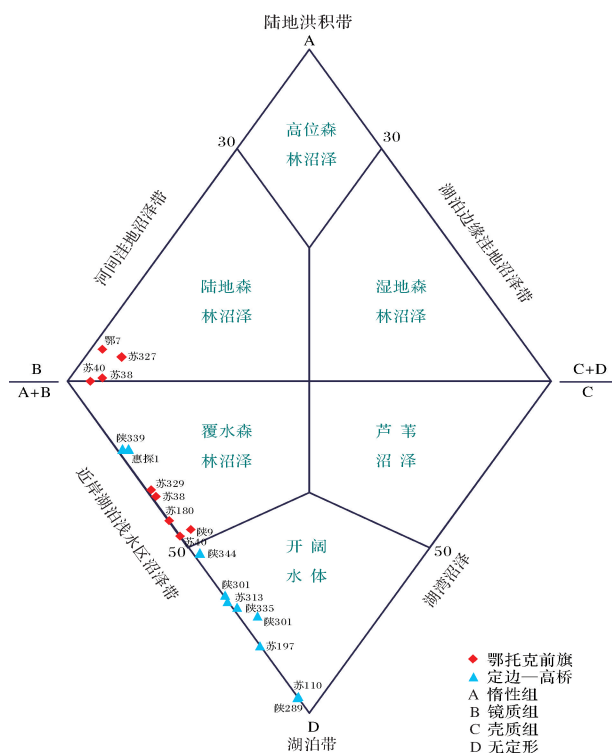


图 3 Hagueburd 岩相图解

Fig.3 Hagueburd lithofacies diagrams

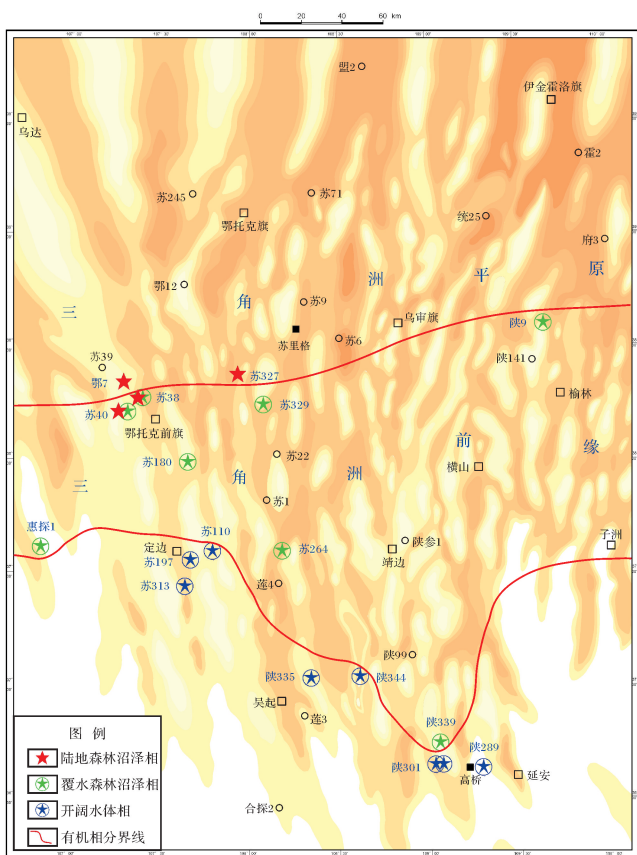


图4 盆地北部地区盒8砂体有机相分布图

Fig.4 Distribution of organic facies of He 8 in North Ordos Basin

低的特征,伊利石含量大于 20%,伊/蒙混层矿物含量变化大,平均为 24%,高岭石含量低于 30%,表明该区暗色泥岩形成于碱性环境,而北部的鄂托克前旗地区黏土矿物组成以富含高岭石为特征(含量>75%),反映北部暗色泥岩形成于酸性环境,这与干酪根元素分析反映该地区形成于陆上或近岸环境相对应。由于富含镜质组的Ⅲ型干酪根主要来自高等植物,植物遗体在同生阶段在浅层喜氧微生物参与下,遭受氧化分解形成大量腐殖酸,酸性介质进入砂岩储层,造成长石、岩屑等易溶颗粒发生溶解,生成高岭石,从而导致苏里格地区高岭石含量偏高。因此,将苏 39 井—苏 6 井—陕 9 井一线作为三角洲平原与三角洲前缘的分界线(图 5)。

表2 盒8暗色泥岩黏土矿物X-衍射分析结果

Table 2 X-ray diffraction analysis of dark mudstones of He 8

地区	井号	深度	矿物含量/%			
			伊利石	伊/蒙间层	高岭石	绿泥石
鄂托克前旗	苏 245	3 582.25	16.2	8.5	75.3	0.0
	布 1	3 812.08	5.0	0.0	95.0	0.0
	陕 9	2 652.23	6.0	5.0	89.0	0.0
定边—高桥	苏 197	3 788.29	23.0	48.0	20.0	9.0
	苏 110	3 742.97	29.0	51.0	13.0	7.0
	陕 344	3 742.83	35.1	7.0	0.0	58.0
	莲 3	3 777.8	44.0	12.4	27.7	15.9
	陕 11	2 914.25	44.0	0.0	23.0	26.0

2.4 地球物理学标志

随着地球物理测井技术的日益完善,特别是数字测井的普及和测井地质学的迅猛发展,在沉积学研究中,已广泛应用测井地质学中有关理论来进行有关沉积学问题的研究。国内外实践已经证明,利用测井资料分析沉积环境,是一种快速而有效的方法,它可以为鉴定沉积环境提供十分有价值的依据性资料^[29]。

定边—子洲一线以北地区自然伽马曲线主要呈现箱状、钟状特征,而在定边—子洲一线以南地区有漏斗状逆粒序的沉积结构特征,表明有三角洲前缘河口坝的沉积微相。因此,将定边—子洲一线作为三角洲平原与三角洲前缘的分界线(图6)。

2.5 湖岸线恢复

综合泥岩颜色、干酪根显微组分、黏土 X 衍射分析以及自然伽马曲线特征将苏 38 井—苏 327 井—陕 9 井—一线作为盒 8 期湖泊的湖岸线(最大洪水期与陆地的交界线)(图 7)。鄂尔多斯盆地盒 8 期古地形平缓,古沉积坡度小于 2° ,在此古地形背景下,湖平面

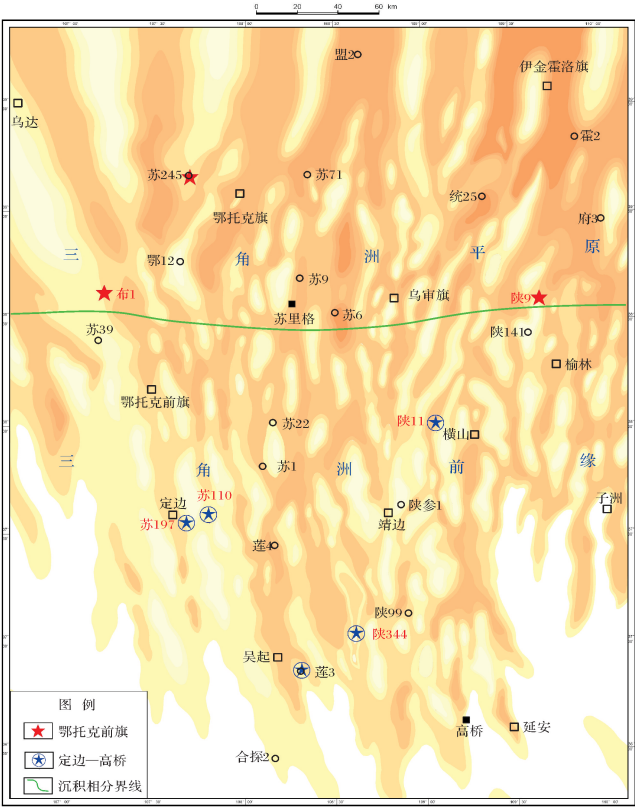


图5 盆地北部地区盒8砂体黏土矿物 X-衍射分析分布图

Fig.5 Distribution of X-ray analysis of He 8 in North Ordos Basin

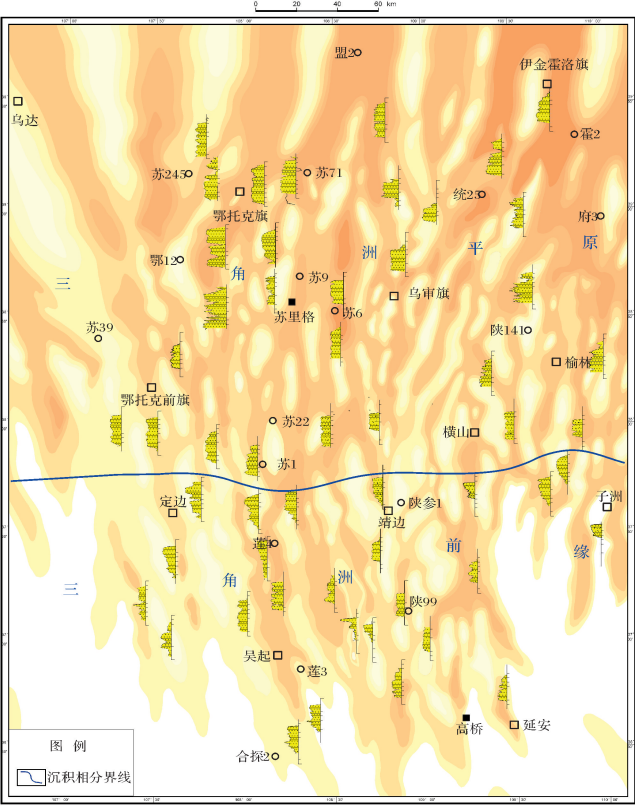


图6 盆地北部地区盒8砂体自然伽马曲线分布图

Fig.6 Distribution of gamma ray curve of He 8 in North Ordos Basin

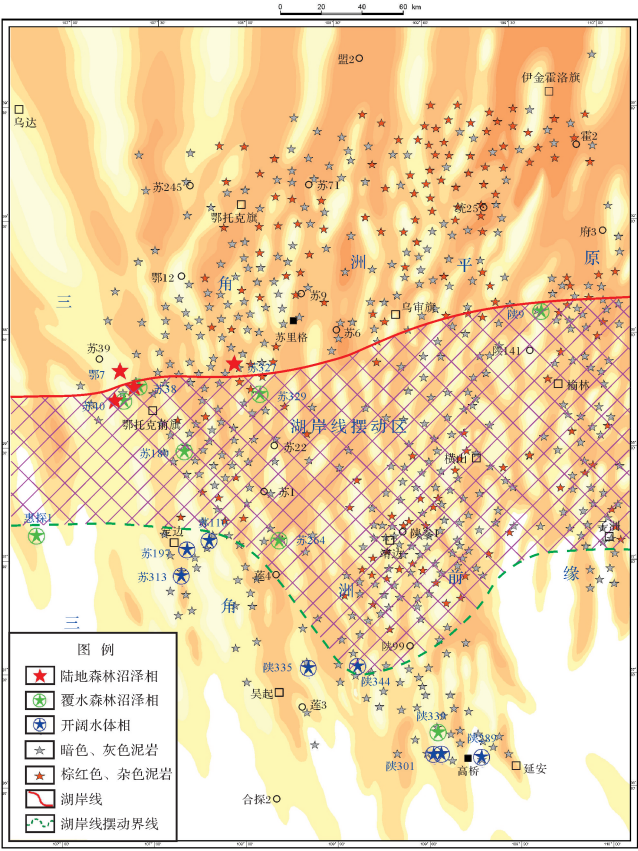


图7 盒8湖岸线位置

Fig.7 Lacustrine palaeoshoreline position of He 8

的垂向变化可以引起湖岸线横向上的大幅度迁移。气候、构造沉降等变化易造成短期水进水退频繁发生,致使湖岸线不停地来回摆动,从而形成了湖岸线摆动带。华北板块在石炭纪—二叠纪不断地自赤道附近向北漂移,伴随着气候升温 and 干燥带的向赤道扩张,其主体逐渐脱离热带雨林气候带,到石盒子期研究区进入热带—亚热带干旱气候^①,决定了石盒子组盒8段沉积期河水补给以间歇性的大气降水为主,湖岸线受季节性降水影响,洪水期湖水水位上升,湖岸线前进;枯水期湖水水位下降,湖岸线后退,湖盆在洪水期与枯水期之间的湖岸线频繁摆动,导致大面积地区在洪水期处于水下,在枯水期处于水上。盒8段泥岩颜色分布图显示在湖岸线南部存在杂色泥岩和暗色泥岩混合区,干酪根显微元素分析表明在湖岸线南部存在镜质组与无定形均势的特征,这些均反映湖岸线频繁摆动。研究区三角洲前缘相陕344井沉积相纵剖面(图8)显示在盒8下段有漏斗状结构的河口

① 赵会涛等. 2010. 苏里格南部天然气成藏规律研究(内部资料)

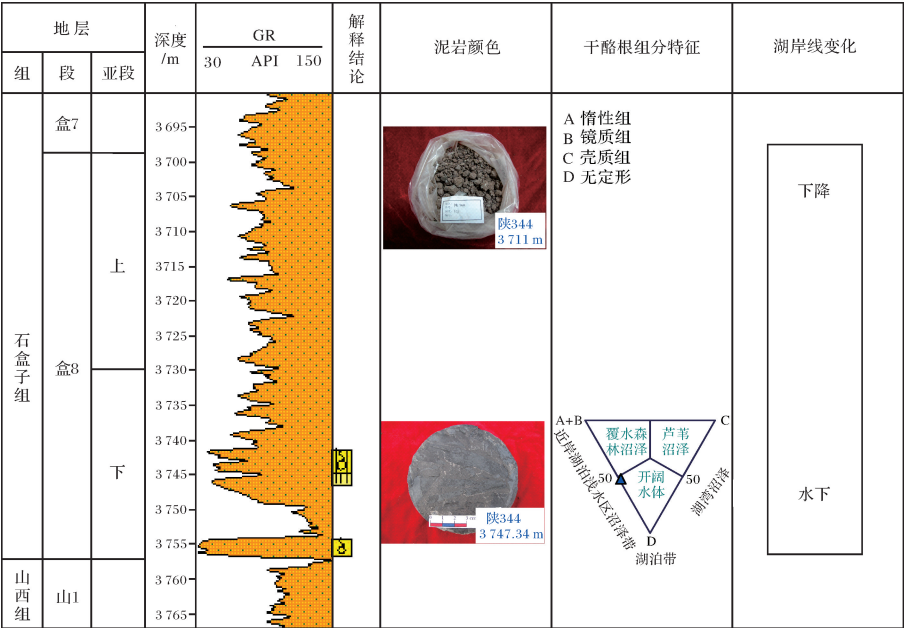


图 8 S344 井盒 8 段综合柱状图

Fig.8 Comprehensive histogram of He 8 from Well S344l

坝砂体,暗色泥岩干酪根镜鉴结果也显示为水下前缘相沉积,但至盒 8 上段泥岩突变为杂色泥岩,反映该井区曾暴露出水面,湖岸线经历了反复摆动过程。根据南部暗色泥岩的分布特征以及有机相分布特征,认为湖岸线向南最大摆动大致在定边—莲 4 井—陕 344 井—陕 271 井—子洲—线,与北部苏 38 井—苏 327 井—陕 9 井—线共同构成了盒 8 期湖岸线摆动带。

3 古湖岸线控制优质储层分布

沉积微相不仅控制砂体的厚度及空间展布,还在微观上控制着储层物性。按照沉积微相与水深的关系,将研究区细分为水上沉积带、岸线摆动沉积带和水下沉积带。不同沉积带砂岩物性特征统计结果表明(表 3),水上沉积带砂岩物性要优于岸线摆动沉积带和水下沉积带砂岩,渗透率尤为明显。砂岩孔隙类型统计反映水上沉积带砂岩岩屑溶孔、晶间孔、粒间孔、粒间溶孔含量及面孔率要明显高于岸线摆动沉积

带和水下沉积带砂岩(表 4)。这主要是因为不同沉积带沉积物中砂岩粒度、软岩屑含量、填隙物组成的差异以及后期成岩作用影响。从水上沉积带到水下沉积带,砂岩的粒度变细,软岩屑含量增加。砂岩粒径越大,孔隙度和渗透率值越高,相比之下渗透率受影响的程度更为明显^[30],砂岩中软岩屑含量越低,面孔率越大^[31]。水上沉积带砂岩中高岭石、硅质含量明显高于岸线摆动沉积带和水下沉积带砂岩(表 5),反映其处于相对较强的酸性成岩环境^[32],强烈溶蚀作用导致研究区水上沉积带砂岩呈现出凝灰质含量相对偏低的特点。晚成岩阶段烃源岩中有机质在热成熟过程中释放出 CO₂和有机酸,造成地层水呈酸性,使砂岩层中的凝灰质填隙物及不稳定岩屑的发生溶蚀,并且酸性介质浓度越高凝灰质填隙物溶蚀作用越强烈,在残余粒间孔隙发育的较开放环境里凝灰质填隙物溶蚀作用强烈^[33],这些酸性的溶蚀流体不仅可以扩大、增加岩石孔隙,还可以改善孔隙的连通性

表 3 不同沉积相砂体物性对比表

Table 3 Correlation of physical properties of different sedimentary facies sandbodies

沉积带	孔隙度/%			渗透率/×10 ⁻³ μm ²			样品数/块
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	
水上沉积带	22.2	1.0	8.6	281.90	0.01	4.58	528
岸线摆动沉积带	18.5	1.0	7.7	13.90	0.01	0.78	639
水下沉积带	16.3	0.3	7.3	13.28	0.01	0.73	363

表 4 不同沉积相砂体孔隙类型对比表 (%)

Table 4 Correlation of pore type of differents sedimentary facies sandbodies

沉积带	粒间孔	粒间溶孔	岩屑溶孔	杂基溶孔	晶间孔	面孔率	样品数/块
水上沉积带	0.38	0.23	0.99	0.10	0.39	2.09	325
岸线摆动沉积带	0.16	0.07	0.61	0.10	0.32	1.27	603
水下沉积带	0.09	0.06	0.54	0.01	0.21	0.96	209

表 5 不同沉积相砂体填隙物组成对比表 (%)

Table 5 Correlation of interstitial material of different sedimentary facies sandbodies

沉积带	硅质	高岭石	水云母	绿泥石膜	凝灰质	方解石	铁方解石	样品数/块
水上沉积带	4.72	3.08	4.26	0.56	0.35	0.12	1.57	325
岸线摆动沉积带	4.48	2.77	4.69	0.55	0.54	0.49	1.18	603
水下沉积带	3.94	2.04	5.02	0.77	0.86	0.35	0.92	209

和渗流条件,提高渗透率,从而使储层物性得到改善。

4 结论

古湖岸线是历史时期湖平面与古陆地的交线,是陆上和水下沉积的分界线。确定古湖岸线的位置对于油气勘探起着重要的指导作用。本文在综合利用泥岩颜色、泥岩 X 衍射分析以及自然伽马曲线特征等常规湖岸线识别方法的基础上,从有机岩石学分析的全新角度认识研究区盒 8 段沉积环境,确定了盒 8 期古湖岸线具体位置及湖岸线摆动区。将苏 38 井—苏 327 井—陕 9 井一线作为盒 8 期湖泊的湖岸线(最大洪水期与陆地的交界线),湖岸线向南最大摆动大致在定边—莲 4 井—陕 344 井—陕 271 井—子洲一线,与北部湖岸线共同构成了盒 8 期湖岸线摆动带。沉积盆地中古湖岸线控制了优质储集层的形成与发育,由于砂岩粒度、软岩屑含量、填隙物组成的差异以及后期成岩作用导致水上沉积带砂岩物性要优于岸线摆动沉积带和水下沉积带砂岩。

参考文献 (References)

1 Tackman G E, Currey D R, Bills B G, et al. Paleoshoreline evidence for postglacial tilting in Southern Manitoba[J]. Journal of Paleolimnology, 1998, 19(3): 443-463.

2 袁宝印,陈克造, Bowler J M, 等. 青海湖的形成与演化趋势[J]. 第四纪研究, 1990(3): 233-243. [Yuan Baoyin, Chen Kezao, Bowler J M, et al. The formation and evolution of the Qinghai Lake[J]. Quaternary Sciences, 1990(3): 233-243.]

3 彭贵,焦文强. 洱海湖盆晚第四纪地层的¹⁴C 年龄测定及洱海的演变[J]. 地震地质, 1991, 13(2): 179-183. [Peng Gui, Jiao Wenqiang. Radiocarbon dating of Late Quaternary sediments in Erhai lake basin of Dali area and evolution of the Erhai Lake[J]. Seismology and Geology, 1991, 13(2): 179-183.]

4 李永春,张林源,周尚哲. 青海湖全新世短尺度水体环境演变的初

步研究[J]. 青海师范大学学报:自然科学版, 1995, (3): 39-45. [Li Yongchun, Zhang Linyuan, Zhou Shangzhe. Study on evolution of Holocene lake-level on < ka time scale in Qinghai Lake[J]. Journal of Qinghai Normal University: Natural Science Edition, 1995, (3): 39-45.]

5 柳成志,袁红旗,张海燕,等. 陆相盆地强制性水退对油气的控制作用[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(4): 18-20. [Liu Chengzhi, Yuan Hongqi, Zhang Haiyan, et al. Effect of forced regression on hydrocarbon in non-marine basins[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2005, 24(4): 18-20.]

6 牛嘉玉,冯有良,鲁卫华,等. 中国东部陆相湖盆层序类型与岩性圈闭发育特征[J]. 石油学报, 2006, 27(4): 18-22. [Niu Jiayu, Feng Youliang, Lu Weihua, et al. Sequence type and lithologic trap distribution in lacustrine basin of East China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(4): 18-22.]

7 卫平生,潘树新,王建功,等. 湖岸线和岩性地层油气藏的关系研究—论“拗陷盆地湖岸线控油”[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 27-31. [Wei Pingsheng, Pan Shuxin, Wang Jiangong, et al. Study of the relationship between lithostratigraphic reservoirs and lakeshore line — Introduction on lakeshore line controlling oil/gas reservoirs in sag basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(1): 27-31.]

8 李元昊,刘池洋,独育国,等. 鄂尔多斯盆地西北部上三叠统延长组长 8 油层组浅水三角洲沉积特征及湖岸线控砂[J]. 古地理学报, 2009, 11(3): 265-274. [Li Yuanhao, Liu Chiyang, Du Yuguo, et al. Sedimentary characteristics of shallow water delta and lake shoreline control on sandbodies of Chang 8 oil-bearing interval of the Upper Triassic Yanchang Formation in northwestern Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(3): 265-274.]

9 姜在兴,刘晖. 古湖岸线的识别及其对砂体和油气的控制[J]. 古地理学报, 2010, 12(5): 589-598. [Jiang Zaixing, Liu Hui. Lacustrine palaeoshoreline and its controls on sandbodies and hydrocarbon[J]. Journal of Palaeogeography, 2010, 12(5): 589-598.]

10 纪友亮,冯建辉,王声朗,等. 东濮凹陷古近系沙河街组沙三段沉积期湖岸线的变化及岩相古地理特征[J]. 古地理学报, 2005, 7(2): 145-156. [Ji Youliang, Feng Jianhui, Wang Shenglang, et al. Shifting of lake shoreline and lithofacies palaeogeographic characters during sedimentary period of the Member 3 of Shahejie Formation of

- Paleogene in Dongpu sag[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2005, 7(2): 145-156.]
- 11 陈全红. 鄂尔多斯盆地上古生界沉积体系及油气富集规律研究[D]. 西安:西北大学, 2007. [Chen Quanhong. Research on sedimentary systems and hydrocarbons enrichment of the Upper Palaeozoic of the Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2007.]
- 12 李洁. 鄂尔多斯盆地西北部下石盒子组沉积体系及层序—岩相古地理研究[D]. 成都:成都理工大学, 2008. [Li Jie. The study on the depositional system and sequence-based lithofacies-paleogeography of Xiashihezi Formation in Northwest of Ordos Basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2008.]
- 13 李洁, 陈洪德, 侯中健, 等. 鄂尔多斯盆地东北部下石盒子组8段辫状河三角洲沉积特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(1): 27-32. [Li Jie, Chen Hongde, Hou Zhongjian, et al. Sedimentary characteristics of the braided deltas in the eighth member of the Lower Shihezi Formation in the northeastern part of the Ordos Basin[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2008, 28(1): 27-32.]
- 14 王世成, 郭亚斌, 杨智, 等. 苏里格南部盒8段沉积微相研究[J]. 岩性油气藏, 2010, 22(增刊): 31-36. [Wang Shicheng, Guo Yabin, Yang Zhi, et al. Study on sedimentary microfacies of the eighth member of Shihezi Formation in southern Sulige[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2010, 22(Suppl.): 31-36.]
- 15 郭英海, 刘焕杰. 陕甘宁地区晚古生代的沉积体系[J]. 古地理学报, 2000, 2(1): 19-30. [Guo Yinghai, Liu Huanjie. The Late Palaeozoic depositional systems of Shaanxi-Gansu-Ningxia area[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2000, 2(1): 19-30.]
- 16 汪正江, 张锦泉, 陈洪德. 鄂尔多斯盆地晚古生代陆源碎屑沉积源区分析[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(1): 7-12. [Wang Zhengjiang, Zhang Jingquan, Chen Hongde. Study of the dispositional provenance of the terrigenous detritus in Ordos Basin in Late Paleozoic era[J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 2001, 28(1): 7-12.]
- 17 曹红霞. 鄂尔多斯盆地晚三叠世沉积中心迁移演化规律研究[D]. 西安:西北大学, 2008. [Cao Hongxia. Research on the rule of depocenter migration and evolution of Late Triassic in the Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2008.]
- 18 文华国, 郑荣才, 唐飞, 等. 鄂尔多斯盆地耿湾地区长6段古盐度恢复与古环境分析[J]. 矿物岩石, 2008, 28(1): 114-120. [Wen Huaguo, Zheng Rongcai, Tang Fei, et al. Reconstruction and analysis of paleosalinity and paleoenvironment of the Chang 6 member in the Gengwan area, Ordos Basin[J]. *Journal of Mineralogy Petrology*, 2008, 28(1): 114-120.]
- 19 郑荣才, 王海红, 韩永林, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区长6段沉积相特征和砂体展布[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(3): 21-26. [Zheng Rongcai, Wang Haihong, Han Yonglin, et al. Sedimentary facies characteristics and sandbody distribution of Chang 6 member in Ji yuan area of Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2008, 20(3): 21-26.]
- 20 韩永林, 王海红, 陈志华, 等. 耿湾-史家湾地区长6段微量元素地球化学特征及古盐度分析[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(4): 20-26. [Han Yonglin, Wang Haihong, Chen Zhihua, et al. Paleosalinity analysis and trace element geochemistry of Chang 6 member in Gengwan-Shijiawan area, Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(4): 20-26.]
- 21 杨克文, 庞军刚, 李文厚. 拗陷湖盆湖岸线的确定方法—以志丹地区延长组为例[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2009, 45(3): 13-17. [Yang Kewen, Pang Jungang, Li Wenhui. Determination method of lake shoreline in depressed-type lacustrine basin: Taking the Yanchang Formation of Zhidan area as an example[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2009, 45(3): 13-17.]
- 22 张景军, 柳成志, 张雁, 等. 湖岸线演化及砂体分布规律研究——以大庆长垣湖岸线演化为例[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(4): 50-54. [Zhang Jingjun, Liu Chengzhi, Zhang Yan, et al. Lake strandline evolution and sandstone distribution: An example from the Daqing placanticline, Heilongjiang[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2010, 30(4): 50-54.]
- 23 刘启亮, 刘良刚, 何珍, 等. 鄂尔多斯盆地冯地坑—洪德长8油层组湖岸线确定[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(4): 38-44. [Liu Qiliang, Liu Lianggang, He Zhen, et al. Determination of lake shoreline for Chang 8 oil formation in Fengdikeng-Hongde region of Ordos Basin[J]. *Marine Geology Frontiers*, 2011, 27(4): 38-44.]
- 24 姚素平, 金奎勋. 用显微组分的双重属性研究沉积有机相[J]. 地质论评, 1995, 41(6): 525-532. [Yao Suping, Jin Kuili. A new method of studying sedimentary organic facies by means of macerals' dual nature[J]. *Geological Review*, 1995, 41(6): 525-532.]
- 25 姚素平, 胡文瑄, 薛春燕, 等. 瓦窑堡煤系有机岩石学特征及煤成烃潜力研究[J]. 沉积学报, 2004, 22(3): 518-524. [Yao Suping, Hu Wenxuan, Xue Chunyan, et al. Characteristics of organic petrology and hydrocarbon-generating potential of Wayaopu coal measures[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(3): 518-524.]
- 26 薛春燕, 姚素平, 胡文瑄. 安塞油田延长统煤岩石学特征及其沉积环境[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(6): 632-636. [Xue Chunyan, Yao Suping, Hu Wenxuan. Petrologic feature and sedimentary environment of Yanchang coal in Ansai oilfield[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2005, 26(6): 632-636.]
- 27 Hucgubard P A, Birmingham T F, Donaldson J R. Petrography of Canadian Coals in Relation to Environment of Deposition[M]. Ottawa: Symposium on Science and Technology of Coal, 1967, 84-97.
- 28 李华明. 吐哈盆地中下侏罗统煤系沉积环境与煤沼有机相[J]. 吐哈油气, 2000, 5(2): 1-6. [Li Huaming. Depositional environment and coal marsh organic phase of coal-measures of Middle-Lower Jurassic in Tuha oil field[J]. *Tuha Oil & Gas*, 2000, 5(2): 1-6.]
- 29 黄智辉. 地球物理测井资料在分析沉积环境中的应用[M]. 北京: 地质出版社, 1986. [Huang Zhihui. Application of Geophysical Logging Data in the Analysis of Sedimentary Environments[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986.]
- 30 刘小洪, 罗静兰, 刘新菊, 等. 西峰油田长8和长6储层物性影响因素分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2009, 39(1): 102-108. [Liu Xiaohong, Luo Jinglan, Liu Xinju, et al. Analysis of influence factors on sandstone reservoirs of the Chang 8 and Chang 6 members in Xifeng Oil Field, southwestern Ordos Basin[J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2009, 39(1): 102-108.]

31 张辉,文采霞,刘晓鹏,等. 鄂尔多斯盆地定边—高桥地区盒 8 段储层特征及控制因素分析[J]. 石油天然气学报,2013,35(10): 45-50.[Zhang Hui, Wen Caixia, Liu Xiaopeng, et al. Analysis on control factors and characteristics of sandstone reservoir of He 8 of the Upper Paleozoic in Dingbian-Gaoqiao area in Ordos Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2013,35(10):45-50.]

32 张善文,袁静,隋凤贵,等. 东营凹陷北部沙河街组四段深部储层多重成岩环境及演化模式[J]. 地质科学,2008,43(3):576-587.[Zhang Shanwen, Yuan Jing, Sui Fenggui, et al. Multiple diagenetic environments and evolvement model in deep formation of the 4th Mem-ber, Shahejie Formation in the northern Dongying sag[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(3): 576-587.]

33 张凡芹,王伟锋,王建伟,等. 苏里格庙地区凝灰质溶蚀作用及其对煤成气储层的影响[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2006,36(3):365-369.[Zhang Fanqin, Wang Weifeng, Wang Jianwei, et al. Dissolution of tuff filling and its effects on the porosity of the coal-formed gas reservoir in the Suligemiao area of the Ordos Basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2006, 36(3): 365-369.]

Determination of Lacustrine Palaeoshore Line and Its Controls on the High Quality Reservoir: A case from the 8 th member of Shihezi Formation in North Ordos Basin

ZHANG Hui^{1,2} WANG HuaiChang¹ LIU XinShe¹ ZHAO HuiTao¹

(1. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Changqing Oilfield,Xi'an 710018;

2. National Engineering Laboratory for Exploration and Development of Low-Permeability Oil & Gas Fields,Xi'an 710018)

Abstract: Lacustrine palaeoshore line is the intersection position between the lake level and the ancient land in geologic time, and the boundary between the onshore deposits and the subaqueous deposits. Determining the location of lacustrine palaeoshore line has important guide on exploration of oil and gas. In this paper, by the means of conventional mudstone color, mudstone X-ray diffraction analysis, GR curve characteristics, and organic petrology analysis, the location and swing area of lacustrine palaeoshore line of He 8 has been studied. The lacustrine palaeoshore line in the sedimentary basin controls the formation and development of the high quality reservoir. The physical properties of sandstones from sedimentary belt above water are better than those from shoreline swing band and underwater sedimentary belt sandstones because of the difference of sandstone size, soft lithoclast content, composition of interstitial material and diagenesis.

Key words: Ordos Basin; He 8 Formation; lacustrine palaeoshoreline; identification markers; high quality reservoir