

文章编号: 1000-0550(2006) 01-0036-07

# 鄂尔多斯盆地北部塔巴庙地区山西组一段海相、过渡相沉积标志研究及环境演化分析

刘家铎 田景春 张翔 张峭楠 聂永生 赵强 韦东晓

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都理工大学沉积地质研究院 成都 610059)

**摘要** 鄂尔多斯盆地塔巴庙地区在上石炭统太原组到下二叠统山西组沉积过程中经历了潮坪、泻湖—海陆过渡三角洲演化过程。在这一演化过程中山西组一段沉积环境前人研究后得出了不同的结论,有的认为属于陆相湖泊三角洲沉积,有的认为是海陆过渡三角洲沉积,还有的认为是湖泊三角洲,但受到间歇性海侵影响。在前人大量研究基础上,通过详细的岩心观察和岩石学特征的分析,在山西组一段发现了代表海相或海陆过渡环境沉积的典型特征,分别为成分成熟度和结构成熟度均高的石英砂岩、泥晶菱铁矿岩、海百合、有孔虫骨屑泥岩、铝土矿质泥岩和粉晶白云岩。上述海相环境标志的存在,充分说明塔巴庙地区山西组一段沉积期为海相或海陆过渡沉积环境。在上述基础上讨论了山西组一段沉积环境的时空演化特点。

**关键词** 塔巴庙地区 山西组一段 沉积环境标志 环境演化

**第一作者简介** 刘家铎 男 1949 年出生 教授 博士生导师 沉积学与储层地质学

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 1 概述

塔巴庙地区是中石化集团在鄂尔多斯盆地拥有勘探权的区块之一,位于盆地北部,为一主力产气区,面积约 2 000 km<sup>2</sup>,有各类钻井 50 余口(图 1)。

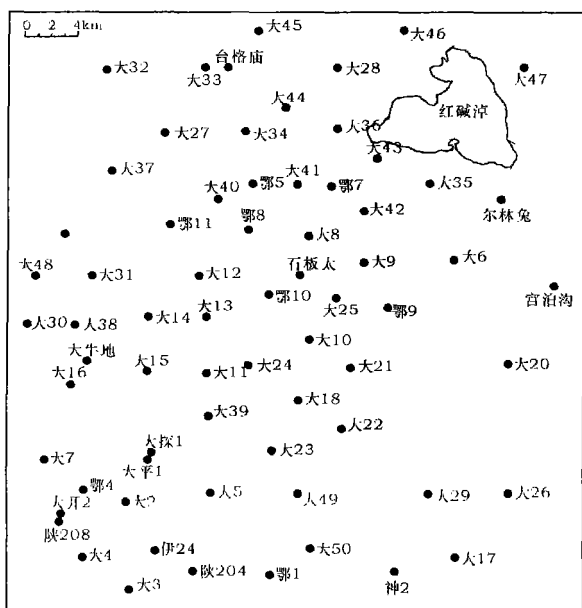


图 1 塔巴庙地区区块井位分布图

Fig 1 Distribution of wells in Tabamiao area

在塔巴庙地区从下至上可以划分出三个含油气系统:下古生界含油气系统、上古生界含气系统以及中生界含油气系统。其中上古生界含油气系统是鄂尔多斯盆地北部地区最为重要的含油气系统,其有效烃源岩包括石炭系本溪组、太原组和二叠系山西组三套海陆过渡相煤系地层;二叠系山西组和下石盒子组三角洲相砂岩组成主力储集层<sup>[1-3]</sup>。塔巴庙地区山西组作为一重要的含油气系统,具有重要的研究价值,因此对山一段沉积环境更深刻的认识,可以更准确地了解研究区油气的组成、分布和控制因素。

## 2 区域地层划分及山西组一段岩性特征

塔巴庙地区作为鄂尔多斯盆地的组成部分其地层发育特征与整个盆地基本一致(表 1)。

山西组岩性主要由灰白或浅灰色含砾岩屑砂岩、岩屑石英砂岩及灰黑或灰色泥岩、粉砂质泥岩组成,局部夹薄煤层及煤线。砂岩主要分布于山西组底部和中、下部,粒度下粗上细,正旋回特征明显,富含云母和高岭石胶结物,植物化石丰富。全组基本由下粗上细的两个次一级正旋回,即山 1 段和山 2 段构成。地层横向发育不平衡,总体特点为北粗南细、北薄南

收稿日期: 2005-03-08 收修改稿日期: 2005-07-20

厚和东薄西厚, 一般 20~ 60 m, 最厚 143 m, 最薄 18. 9 m。与下伏石炭系太原组为整合关系, 局部为冲刷接触关系。

表 1 区域地层划分表

Table 1 The division of stratigraphy in the study area

系	统	组	段	构造运动	沉积环境
三叠系	下统	刘家沟组		印支运动	陆相
	上统	石千峰组			
		上石盒子组			
二叠系	中统	下石盒子组	盒 3	海西运动	海陆过渡
			盒 2		
			盒 1		
	山 2				
	山 1				
上统	太原组	山 2	海西运动	海陆过渡	
		山 1			
石炭系	中统	本溪组	太 2	加里东运动	海相
			太 1		
奥陶系	上统	背锅山组		加里东运动	海相

### 3 山西组一段海相、过渡相沉积环境标志分析

在塔巴庙地区由太二段到山一段这一进积演化过程中, 就山一段的沉积环境是属于陆相还是海相或海陆过渡相, 不同的学者提出了不同的看法。归纳起来有以下观点: 陆相湖泊三角洲、海陆过渡三角洲和间歇性海侵的陆源近海湖泊沉积<sup>[4~7]</sup>。我们通过对山西组一段详细研究发现了一些典型的代表海相或海陆过渡环境的标志, 这为更准确确定山西组一段沉积环境提供了依据, 主要标志如下。

#### 3.1 成分成熟度和结构成熟度均高的石英砂岩

赋存在山一段地层中的石英砂岩, 主要为中粒石英砂岩, 其次是细粒岩屑石英砂岩(图 2 3)。岩屑石英砂岩中碎屑物分选好, 磨圆度中等偏好, 以次圆一圆为主, 次棱角状次之, 硅质、含铁方解石胶结, 成分成熟度较高(Q: 80%~85%, F: 0%, R: 15%~20%), 结构成熟度高。岩屑石英砂岩样品中重矿物呈纹层状富集。两类石英砂岩呈厚薄不等的单层在全区呈面状分布。对具有上述岩石学特征和产状的石英砂岩成因, 我们认为是海相环境沉积的。依据有以下几点: 石英砂岩主要分布在山一段的下部, 与太二段石英砂岩可能有相同的物源和相似的沉积环境; 石英砂岩呈厚薄不等的面状分布, 这种面状分布特征说明其是在海侵时期形成的; 前人研究成果证实, 在区域上山西组属海陆过渡环境; 前人在“九五”国家重点科技攻关项目专项研究成果报告中指出: 山西组中微量元素组合特征表明山西组沉积时, 水体系半

咸水环境, 说明山西组沉积时有海相组份的加入; 山西组中砂体内的岩屑砂岩中均不同程度地含有菱铁矿砂屑, 说明砂体形成于弱还原环境的水下分流河道, 而石英砂岩基本上不含菱铁矿砂屑(14件样品中只有两件样品含少量菱铁矿砂屑), 说明石英砂粒沉积于浅水氧化环境。

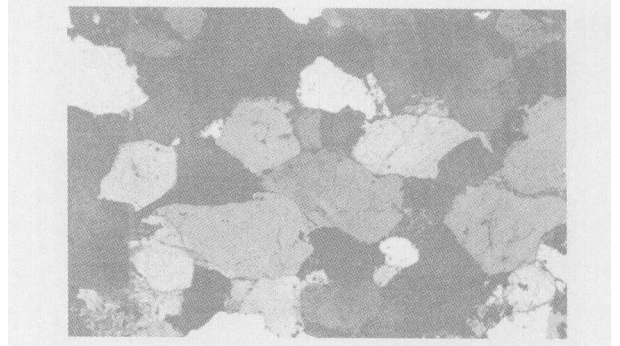


图 2 大 16 井山一段中的粗粒岩屑石英砂岩  
2870. 8m, 10×2(+)

Fig. 2 The coarse-grain debris quartz sandstone in Da 16 well member 1 of Shanxi Formation

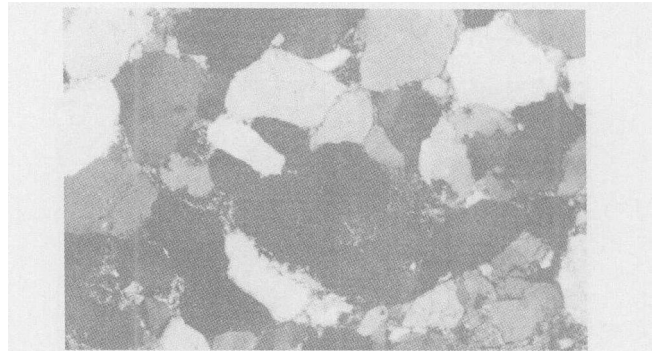


图 3 大 10 井山一段中的中粒石英砂岩砾石  
2681. 58m, 10×2(+)

Fig. 3 The medium-grain debris quartz sandstone in Da 10 well member 1 of Shanxi Formation

#### 3.2 泥晶菱铁矿岩

泥晶菱铁矿岩在研究区山一段下部广泛发育(图 4 5), 岩石学特征为: 灰黑色泥晶结构, 块状构造, 手感比重大。显微镜下具泥微晶结构, 条带构造。泥晶级(0.01 mm)菱铁矿物含量 70%; 陆源粉砂 8%, 粉砂最大粒径 0.08 mm, 以 0.01~0.04 mm 为主, 呈漂浮状分布; 泥质组份 22%。在垂向上三组份含量的显著变化而构成菱铁矿岩的条带状构造, 条带宽 3~6 mm, 在同一条带内三组份均匀混积。扫描电镜下, 泥晶级菱铁矿呈它形一半自形, 晶粒大小 1~10 μm。能谱分析高铁, 元素单一。电子探针分析结

果(表 2)表明菱铁矿中富镁, 镁从哪里来值得探讨。众所周知, 海水中镁的含量约为 0.13%, 而淡水中镁的含量很低, 一般含量小于  $1 \sim 50 \times 10^{-6}$ , 平均  $4 \times 10^{-6}$  [8]。因此, 研究区泥晶菱铁矿岩的形成必须要有充足的镁, 而镁的来源与海水密切相关。所以, 泥晶菱铁矿岩的发现也进一步说明山一段沉积期为海相环境或海陆过渡环境。

化, 分析结果见表 3。在泥岩中自生高岭石易见, 石英粉砂仅约 3% 左右。海百合、有孔虫骨屑泥岩的存在无疑说明山一段时期研究区为海相或海陆过渡沉积。

表 2 泥晶菱铁矿探针成分分析 (%)

Table 2 The probe composition analysis of micrite siderite (%)

层位	井深	探点号	Na <sub>2</sub> O	MgO	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	BaO	MnO	FeO	CO <sub>2</sub>	TOTAL
山 12806.7 m	231	0.0	7.8	0.0	0.0	3.6	0.5	0.5	48.9	38.7	100.0	0.0
	232	0.1	6.4	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	4.48	7.38	9.100.0	0.0
	233	0.1	6.0	0.1	0.0	8.6	0.7	0.0	0.45	7.38	9.100.0	0.0
	234	0.1	7.3	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	6.48	8.38	9.100.0	0.0
	235	0.0	0.7	0.0	0.0	1.1	0.1	1.1	1.58	7.38	3.100.0	0.0
	236	0.0	0.3	0.0	0.0	1.1	0.1	1.0	8.59	0.38	7.100.0	0.0
	237	0.0	5.1	0.0	0.0	6.9	0.3	0.0	0.48	7.38	9.100.0	0.0
	238	0.0	6.2	0.0	0.0	8.5	0.0	0.0	0.46	5.38	9.100.0	0.0
	239	0.0	5.7	0.1	0.0	8.2	0.0	0.0	2.48	1.37	8.100.0	0.0
	240	0.0	6.8	0.1	0.0	7.7	0.2	0.0	0.47	0.38	2.100.0	0.0

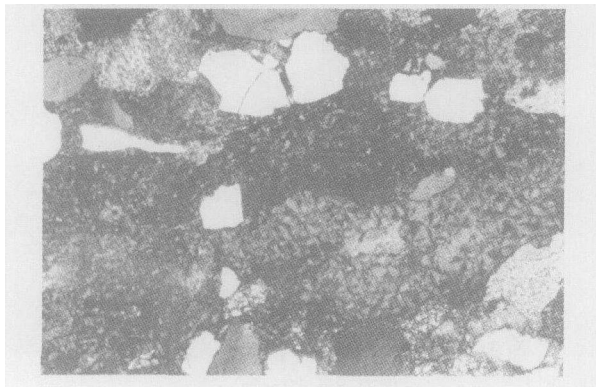


图 4 大 8 井山一段中的球粒状菱铁矿成岩纹层  
2688.53m, 10×2(+)

Fig 4 The spherulite siderite in Da 8 well member 1 of Shanxi Formation

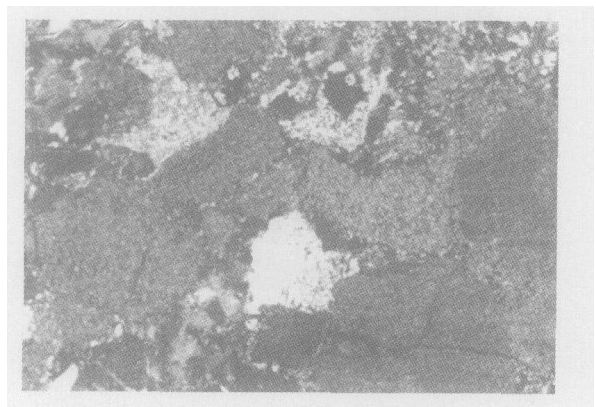


图 5 大 3 井山一段中的粗粒菱铁矿砂屑岩屑砂岩  
2832.45m, 10×2(+)

Fig 5 The coarse-grained siderite psammitic detritus sandstone in Da 3 well member 1 of Shanxi Formation

### 3.3 海百合、有孔虫骨屑泥岩

见于大 12 井、大 3 井山一段中(图 6、7)。深灰色, 隐晶结构, 致密, 块状, 颜色与结构均匀, 细腻感强, 极似深灰色泥晶灰岩。肉眼可见晶粒白云石呈星散状、斑点状、斑块状不均匀分布, 含量 15%, 加稀盐酸不起泡。显微镜下发现晶粒白云石是白云石化的海百合、有孔虫(其中有始瘤虫)骨屑。经电子探针分析表明, 白云石化的海百合、有孔虫均发生菱铁矿

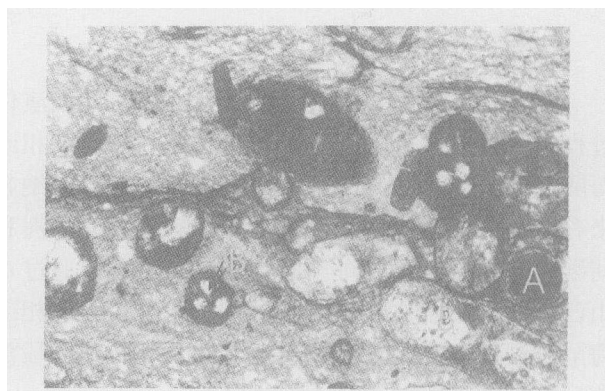


图 6 大 12 井山一段中的海百合(A)及有孔虫(B)  
2813.55m, 10×5(-)

Fig 6 The sea lily(A) and foraminifer(B) in Da 12 well member 1 of Shanxi Formation

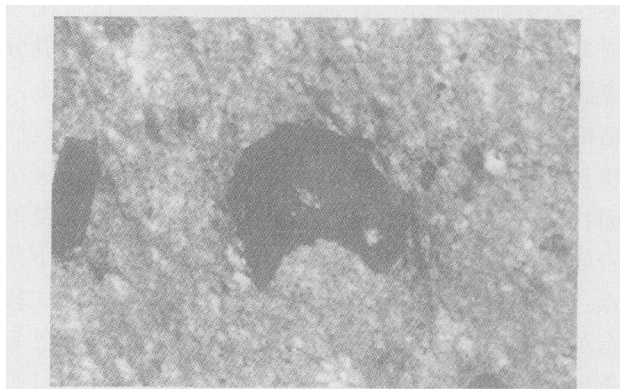


图 7 大 12 井山一段泥岩中的始瘤虫  
2813.55m, 10×10(-)

Fig 7 The *Eouberitina* in mudstone in Da 12 well member 1 of Shanxi Formation

### 3.4 铝土矿质泥岩

在研究区大 6 井 2 603 m 处的山一段底部发现深灰色、泥状结构、斑点状微孔隙发育的铝土矿质泥岩; 显微镜下具泥质结构, 残余纹层构造。岩石以隐晶泥质组分为主, 泥晶级的菱铁矿呈分散状、斑点状分布, 泥岩中含方解石 4%; 粒状一水铝土矿呈不规则斑块状、斑点状集合体分布, 含量为 8%。还含有钾长石呈竹叶状晶粒集合体产出, 晶粒大小为长轴 0.12~0.7 mm、短轴 0.2~0.4 mm。经 X 衍射分析, 样品中有长石、铝土矿物, 硬水铝石含量为 4%。众所周知, 沉积型铝土岩(矿)可按其形成的环境分为海洋沉积的和湖泊沉积的; 海洋沉积的铝土矿是最重要的。我国许多著名的铝土矿, 多属海洋环境, 大多产于石炭、二叠纪地层中。研究区山一段中铝土矿质泥岩中的铝矿物为一水铝矿, 具典型的纹层构造, 与灰岩互层或共生, 且其中的微量元素 Sr/Ba > 1, 而陆相湖泊的铝土矿质泥岩中的铝矿物为三水铝矿, 且其中混有大量 Fe(OH)<sub>3</sub>, 与陆相砂泥岩互层、共生, Sr/Ba < 1, 所以这也从一定程度上说明山一段沉积期研究区为海相环境至少为海陆过渡环境。

表 3 菱铁矿化海百合、有孔虫探针分析表 (%)

Table 3 The probe composition analysis of siderite sea lily and Foraminifer (%)

层位	井深	探点号	Na <sub>2</sub> O	MgO	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	BaO	MnO	FeO	CO <sub>2</sub>	TOTAL	
山 1	2806.7m	266	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.4	38.4	100.0
		267	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.1	38.8	100.0
		268	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	61.3	38.4	100.0
		269	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	61.7	37.9	100.0
		270	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.3	38.7	100.0
		271	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	57.1	42.4	100.0
		272	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.4	0.6	60.3	38.4	100.0	
		273	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	59.8	39.9	100.0	
		274	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	61.1	38.6	100.0	
		275	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	62.4	37.4	100.0	
		276	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	62.0	37.9	100.0	
		277	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	61.6	38.3	100.0	
		278	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.8	37.2	100.0	
		279	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.2	61.4	37.9	100.0	
		280	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	61.3	38.3	100.0	
		281	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	57.1	42.5	100.0	

### 3.5 粉晶白云岩

在塔巴庙地区众多钻井中, 山一段中均有粉晶白云岩、泥晶铁白云石出现(图 8、9), 而这种白云岩或白云石的形成与海相环境密切相关。因为只有海水才能提供较多的 Mg<sup>2+</sup>, 促使白云石矿物的形成。

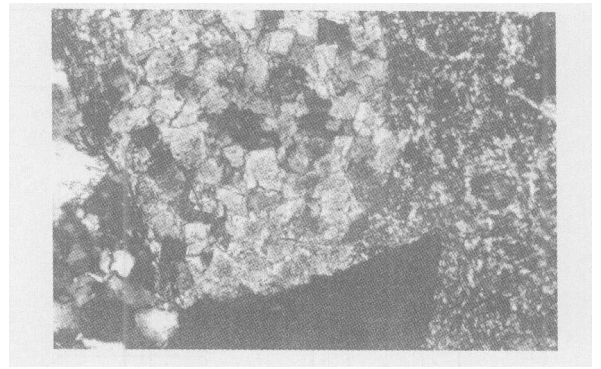


图 8 大 5 井山一段粗粒岩屑砂岩中的粉晶白云石岩屑 2281.78m, 10×10(+)

Fig 8 The crystal powder dolomite debris in coarse-grained sandstone in Da 5 well member 1 of Shanxi Formation

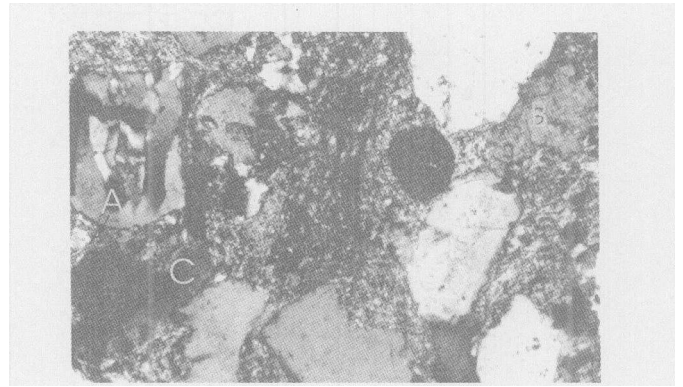


图 9 大 3 井山一段中的泥基(A)无铁白云石(B)铁白云石(C) 2781.01m, 10×5(+)

Fig 9 The micrite(A), non-ankerite(B) and ankerite(C) in Da 3 well member 1 of Shanxi Formation

## 4 山西组一段沉积环境演化分析

沉积环境演化分析包括时间上的演化特点和平面上展布规律两方面。通过对研究区有关钻井分析, 在垂向上山一段从下到上经历了三角洲前缘到三角洲平原的演化过程(图 10), 其中三角洲平原包括分流河道、泛滥平原、泥炭沼泽和决口扇等微相; 三角洲前缘包括水下分流河道、河口坝和分流间湾等微相。

平面上山一段沉积环境为海陆过渡环境内的三角洲沉积, 其平面展布特征为(图 11):

在塔巴庙地区大 48 井—大 13 井—大 25 井—大 20 井—一线北侧为三角洲平原沉积区, 南侧为三角洲前缘沉积区, 位于北侧、自北向南贯穿塔巴庙三角洲平原的河流有两条, 都具辫状河性质, 其一位于研究区北西侧, 自北东向南西方向于大 30 井西侧延伸到研究区外, 因缺乏资料, 对其砂体发育规模和产状

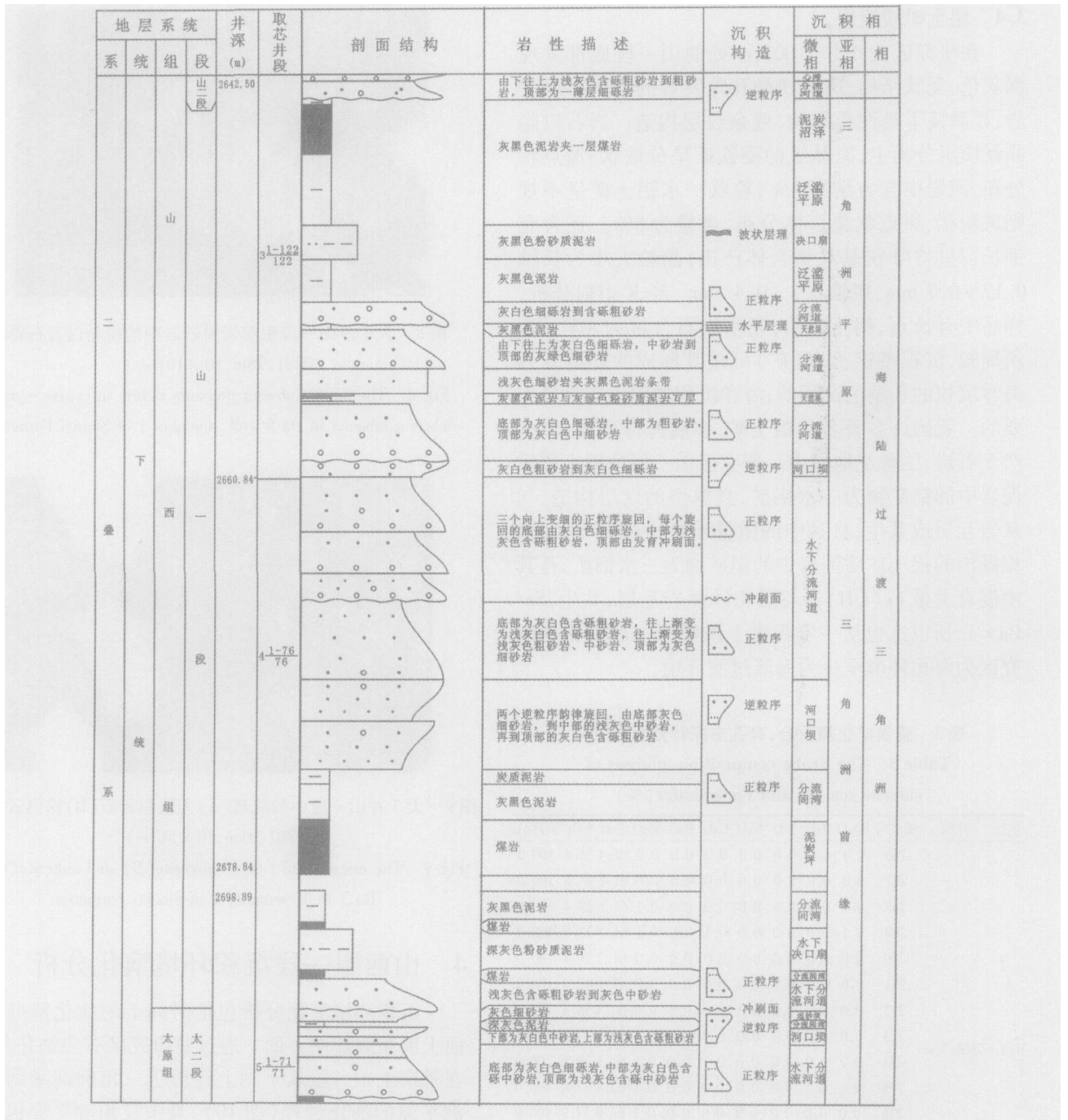


图 10 鄂尔多斯盆地北部塔巴庙地区山一段剖面结构图

(以大 21 井为例)

Fig 10 The section structure of member 1 of Shanxi Formation in Tabaniao area, North Ordos basin

特征目前还不了解。其二自北向南贯穿整个塔巴庙地区。

辫状主河道位于大 8 井、大 9 井、大 6 井一带的以北地区，河道侧向迁移活动范围为 3~ 12 km，自北向南急剧加宽，以发育心滩砂体为主，砂体厚度为 8~ 10 m，为该相域河道砂体最发育的地区之一。

在大 8 井、大 9 井、大 6 井一带的以南地区，主河道向南分流成东、中、西三支级别较小的水下分流河道，其中东支分流河道位于大 20 井至大 26 井一带，呈规模较小的近南北向带状展布，河道侧向迁移活动范围为 4~ 6 km，主要由河床滞留砂体组成，厚度为 4~ 8 m。中支分流河道位于大 10 井、大 23 井

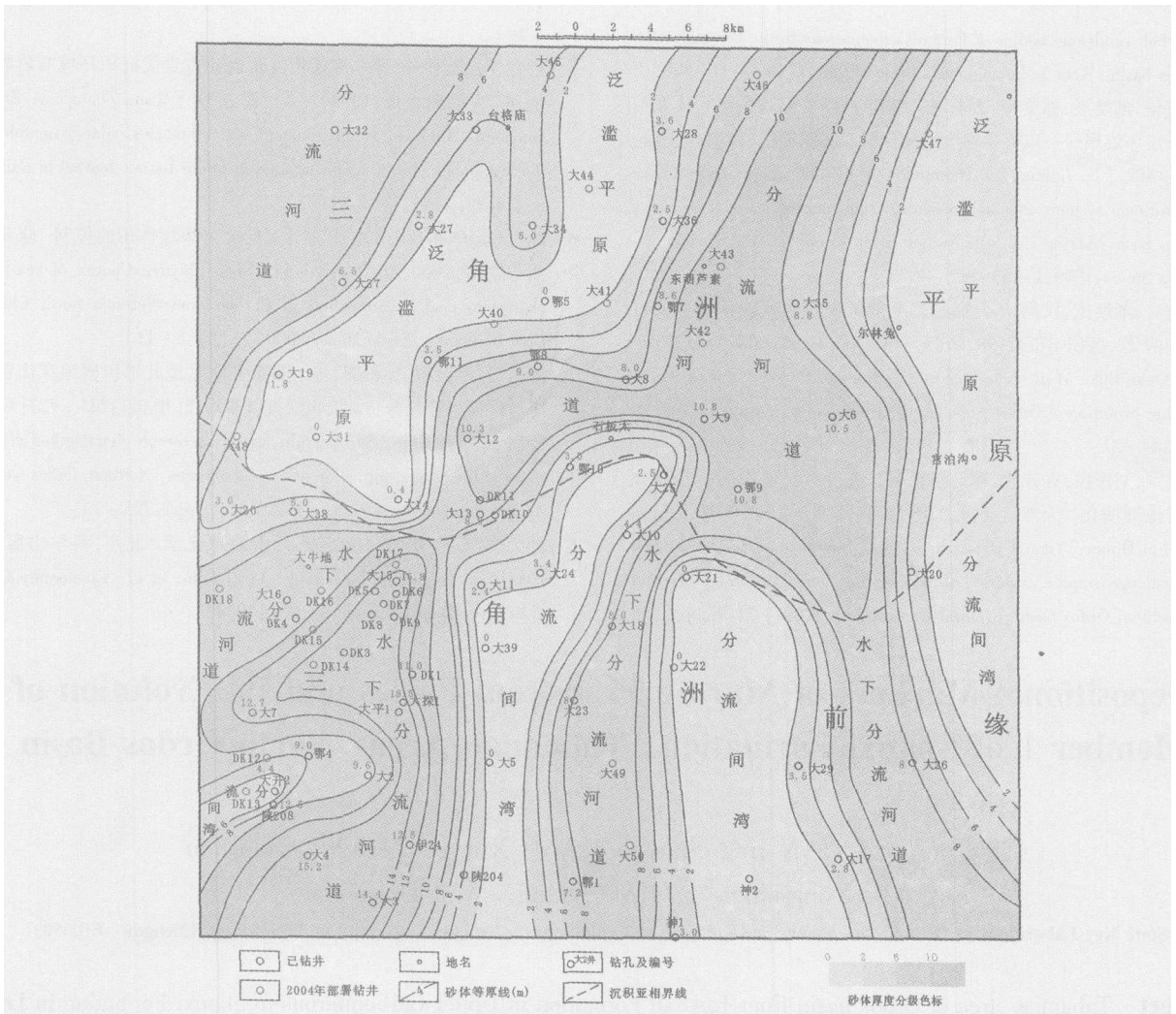


图 11 塔巴庙地区山西组一段沉积相平面展布图

Fig 11 The sedimentary facies plane distribution of member 1 of Shanxi Formation in Tabaniao area

至地鄂 1 井一带, 也呈规模较小的近南北向带状展布, 河道侧向迁移活动范围为 4~ 5 km, 仍主要由河床滞留砂体组成, 厚度仍为 4~ 8 m; 西支分流河道位于大 12 大 15 井至大 7 井和大探 1 井一带, 呈弯曲带状自北东向南西延伸, 并在大 7 井和大 2 井一带进一步分流成两条仍具保持南西流向的更次级水下分流河道。在大 15 井、大 7 井、大探 1 井和大 4 井一带, 砂体厚度相对较大, 为 10~ 15 m, 个别井可达 18 m 以上, 亦为该相域河道砂体最发育的部位之一。

在上述分流河道之间的地区, 为被分流河道分割的、呈北东向和近南北向展布的泛滥平原和决口扇等微相发育区, 以接受的洪泛期的漫流沉积为主, 岩性主要为薄互层的泥岩、泥炭岩夹粉砂岩和煤层为主, 侧向上, 对近南北向展布的分流河道砂体有强烈的分隔作用。

### 5 结论

(1) 通过对研究区下二叠统山西组一段详细研究发现了成分成熟度和结构成熟度均高的石英砂岩、泥晶菱铁矿岩、海百合、有孔虫骨屑泥岩、铝土矿质泥岩和粉晶白云岩等代表海相或海陆过渡环境特征的标志, 这些标志的存在对全面正确认识研究区相邻地区山西组一段沉积环境具有重要的意义。

(2) 研究区山西组一段砂体为三角洲砂体, 结合上述标志充分说明山一段为海陆过渡三角洲沉积, 而不是前人所认为的湖泊三角洲沉积。

#### 参考文献 (References)

1 魏红红, 彭惠群, 李静群, 等. 鄂尔多斯盆地中部石炭—二叠系沉积相带与砂体展布. 沉积学报, 1999, 17(3): 403~ 408 [W ei Hong-

- hong Peng Huiqun, Li Jingqun, *et al.* Distribution of sedimentary facies belt sandstone bodies of Permian-Carboniferous in the central part of Ordos basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(3): 403~408]
- 2 贾进华, 刘焕杰, 郭英海. 鄂尔多斯盆地西缘晚石炭世沉积体系与高频层序旋回——以呼鲁斯太剖面例析. *沉积学报*, 1999, 17(3): 397~402. [Jia Jinhua, Liu Huanjie, Guo Yinghai. Late Carboniferous depositional systems and high resolution sequence cycles of the western Ordos basin taking Hulusitai section as an example. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(3): 397~402]
  - 3 郭英海, 刘焕杰, 权彪, 等. 鄂尔多斯地区晚古生代沉积体系及古地理演化. *沉积学报*, 1998, 16(3): 44~51 [Guo Yinghai, Liu Huanjie, Quan Biao, *et al.* Late Paleozoic sedimentary system and paleogeographic evolution of Ordos Area. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1998, 16(3): 44~51]
  - 4 聂武军, 刘棣民, 袁芳政, 等. 鄂北下二叠统含气层段沉积相划分及古地理演化. *天然气工业*, 2001, 21(增刊): 45~48 [Nie Wujun, Liu Dimin, Yuan Fangzheng, *et al.* Sedimentary facies division and paleogeographic evolution of gas-bearing intervals in lower Permian in northern Ordos basin. *Natural Gas Industry*, 2001, 21(Supp): 45~48]
  - 5 王张华, 张国栋. 鄂尔多斯伊克昭盟晚古生代沉积环境与岩相古地理. *古地理学报*, 1999, 1(3): 28~39 [Wang Zhanghua, Zhang Guodong. Sedimentary environment and lithofacies paleogeography of the late palaeozoic of Ikhuzheng area in Ordos basin. *Journal of Paleogeography*, 1999, 1(3): 28~39]
  - 6 陈世悦. 华北石炭二叠纪海平面变化对聚煤作用的控制. *煤田地质与勘探*, 2000, 28(5): 8~11 [Chen Shiyue. Control of sea-level change to coal accumulation in Carboniferous-Permian north China. *Coal Geology & Exploration*, 2000, 28(5): 8~11]
  - 7 陈孟晋, 刘锐娥, 孙粉锦, 等. 鄂尔多斯盆地北部伊盟地区山西组碎屑岩储层特征分析. *沉积学报*, 1999, 17(增刊): 723~727 [Chen Mengjin, Liu Rui'e, Sun Fengjin, *et al.* Reservoir characters of clastic rocks of the Shanxi formation at Yi-Meng area. Northern Ordos basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1999, 17(Supp): 723~727]
  - 8 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984 [Liu Yingjun, Cao Liming, Li Zhaolin, *et al.* Elementary Geochemistry. Beijing: Science Press, 1984]

## Depositional Markers of Marine Transition Facies and Its Evolution of Member 1 of Shanxi Formation, Tabamiao Area, North Ordos Basin

LU Jia-duo TIAN Jing-chun ZHANG Xiang ZHANG Shao-nan

NI E Yong-sheng ZHAO Qiang WEI Dong-xiao

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

**Abstract** Tabamiao area of Ordos basin from Taiyuan Formation in Upper Carboniferous to Shanxi Formation in Lower Permian underwent a prograding sedimentary evolution process, i.e. from tidal flat to lagoon-marine-continental transition delta. Previous studies drew different conclusions after studying the depositional environmental of member 1 of Shanxi Formation during the evolution. Some think it was the lake delta of the terrestrial facies, others believe that it was the deposition of marine-continental transition delta, or the lake delta but influenced by the intermittent transgression. This paper based on previous data, detailed core observation and petrology features, puts forward that member 1 of Shanxi Formation represents marine facies or the marine-continental transition depositional environment, such as high maturity of the component and texture quartz-sandstone, micrite siderite stone, sea lily, foraminifer mudstone, bauxite mudstone and crystal powder dolomite. Those marine facies depositional environmental features prove the depositional process of Tabamiao area member 1 of Shanxi formation is marine facies or marine-continental transition depositional environment. Authors also discussed the spatial-temporal evolution characteristics of member 1 of Shanxi Formation depositional environment.

**Key words** Tabamiao area, member 1 of Shanxi Formation, environmental feature, evolution