

文章编号:1672-9854(2009)-01-0051-08

## 鄂尔多斯盆地北部下奥陶统层序地层学研究

刘家洪, 陈洪德, 侯明才, 苏中堂, 万梨

(成都理工大学沉积地质研究院)



刘家洪

**摘要** 以露头剖面、钻井岩心为研究对象,结合测井地质特征,对鄂尔多斯盆地北部下奥陶统层序界面特征及其成因类型进行了深入研究。将下奥陶统划分为10个三级层序,其中冶里组两个(SQ1, SQ2),亮甲山组两个(SQ3, SQ4),马家沟组一段至马家沟组六段各划分出一个(SQ5—SQ10)。层序SQ1—SQ4都表现为向上变浅的结构特征;层序SQ5—SQ7反映了区域上的海侵过程,总体为潮下环境,以加积序列为特征;层序SQ8反映了区域上的最大海侵,以大量凝缩段沉积为特征。由于加里东运动影响,层序SQ9—SQ10仅在研究区西缘和东南缘出露,西缘以盆地相深水沉积为特征,东南缘以发育潮坪相沉积为特征。

**关键词** 层序地层;层序界面;地层特征;早奥陶世;鄂尔多斯盆地

**中图分类号**: P534; TE111.3 **文献标识码**: A

**刘家洪** 1983年生,2002年毕业于成都理工大学资源勘查工程专业。现为成都理工大学沉积地质研究院2006级构造地质学硕士研究生。通讯地址:610059 成都市二仙桥东三路1号

鄂尔多斯盆地是我国重要的含油气盆地之一,蕴藏着丰富的油气资源,特别是下古生界的天然气藏,勘探前景广阔。通过近年来的勘探,盆地北部塔巴庙和杭锦旗地区下古生界取得了较丰硕的油气成果。前人对该区下古生界做过详细研究<sup>[1-3]</sup>,取得许多重要成果,笔者在此基础上进行系统的层序地层学研究,为油气勘探提供依据,具有理论与现实意义。

### 1 区域地质背景

#### 1.1 区域构造

鄂尔多斯盆地位于华北地台的西部,地跨陕、甘、宁、内蒙古、晋五省区,平面上呈矩形,是夹持于周边活动带之间的稳定克拉通沉积盆地<sup>[4]</sup>。根据现今构造及演化历史,划分为六个一级构造单元,盆地中部是伊陕斜坡,向东为晋西挠褶带,向西依次为天环拗陷、西缘逆冲带,北部为伊盟隆起,南面为渭北

隆起<sup>[5]</sup>(图1)。

早奥陶世冶里—亮甲山期的怀远运动使鄂尔多斯盆地大面积抬升,海域不断退缩;马家沟期,鄂尔多斯盆地开始新一轮的海侵—海退历史,盆地内部构造分异明显<sup>[6]</sup>。

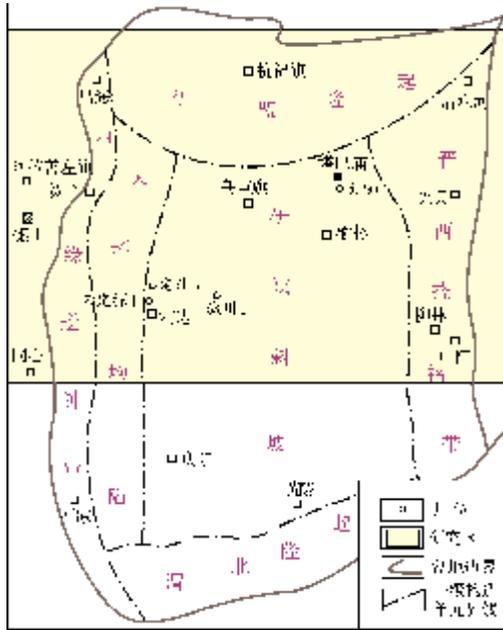
#### 1.2 区域地层

鄂尔多斯盆地奥陶系自下而上主要由冶里组(O<sub>1y</sub>)、亮甲山组(O<sub>1l</sub>)、马家沟组(O<sub>1m</sub>)等组成(表1)。下面按渭北、晋西及西缘三个地层小区逐一加以描述。

**冶里组** 在渭北和晋西小区为白云岩、白云质灰岩夹藻灰岩、钙质页岩等,中—下部含燧石条带或团块;在西缘小区,相当于下岭南沟组(O<sub>1x</sub>),岩性主要为厚层块状和中—薄层状白云岩、白云质灰岩及石灰岩组成,中—下部夹含叠层石白云岩。

**亮甲山组** 在渭北、晋西小区以白云岩为主,夹石灰岩及页岩;在西缘小区,前中梁子组(O<sub>1q</sub>)与之

收稿日期:2008-07-16



对图 1 鄂尔多斯盆地构造单元分区及研究区位置图  
(据资料①,略有修改)

应,岩性为中厚层灰岩、白云质灰岩,含燧石条带或团块。

马家沟组 在渭北和晋西小区分为六个大的地层岩性段,自下而上为马家沟组一段至马家沟组六段。其岩性特征表现为马家沟组一、三、五段以白云岩、硬石膏岩和盐岩为主,夹少量石灰岩;马家沟组二、四段为石灰岩和白云岩,在补偿凹陷盆地有硬石膏岩产出;马家沟组六段在盆地中部局部残存,主要为石灰岩。盆地西缘桌子山、青龙山地区,三道坎组(O<sub>s</sub>)、桌子山组(O<sub>z</sub>)、克里摩里组(O<sub>k</sub>)相当于马家沟组;贺兰山一带则对应为中梁子组(O<sub>zl</sub>)与樱桃沟组(O<sub>yt</sub>)。盆地西缘三道坎组主要为浅灰色石英砂岩,灰白色白云质灰岩、石灰岩互层,中、下部夹数层生物碎屑灰岩;桌子山组主要由厚层石灰岩组成,有时含泥质或硅质结核,局部具瘤状构造;克里摩里组主要为黑灰—浅灰色薄层灰岩,夹黑、灰绿色页岩;贺兰山一带的中梁子组主要为石灰岩夹泥质灰岩,樱桃沟组主要为板岩和薄层石灰岩夹细砂岩透镜体。

表 1 鄂尔多斯盆地及周缘各地层小区下奥陶统对比(据文献[7],略有修改)

系	统	渭北地层小区						晋西地层小区			西缘地层小区									
		陇县	岐山	泾阳	富平	蒲城	天津、中阳、柳林	兴县	偏关	贺兰山	桌子山	青龙山	平凉							
奥陶系	下统	马家沟组	六段	六段	六段	马家沟组	六段	马家沟组	马家沟组	马家沟组	中梁子组	樱桃沟组	克里摩里组	克里摩里组	六段					
			五段	五段	五段	马家沟组	五段					桌子山组	桌子山组	马家沟组	五段					
			四段	四段	四段		四段									三道坎组	三道坎组	马家沟组		
			三段	三段	三段		三段													
			二段	二段	二段		二段													
			一段	一段	一段		一段													
		三山子组	亮甲山组	亮甲山组	亮甲山组	亮甲山组	前中梁子组	亮甲山组	亮甲山组	亮甲山组	亮甲山组									
												冶里组	冶里组	下岭南沟组	冶里组	冶里组				
																	亮甲山组	亮甲山组	亮甲山组	亮甲山组

## 2 层序界面特征

层序地层学的基本单位是层序,它是一套内部相对整合、在成因上有联系、以不整合和可以与之对

比的整合面为界的等时沉积体<sup>⑧</sup>。层序地层学研究中,初始海泛面、最大海泛面、层序底界面等关键层序界面的识别和成因类型的判断是基础和前提。笔者在系统的地层划分和对比的基础上,以研究区内

① 张吉森,张均,徐黎明,等. 陕甘宁盆地气区地质构造及勘探目标选择. 大庆石油勘探局,1995.

露头剖面<sup>[9-11]</sup>和钻井岩心为研究对象,结合测井地质特征,对鄂尔多斯盆地北部下奥陶统的层序界面特征和界面的成因类型进行了深入研究。

### 2.1 下奥陶统底界面

该界面为岩性、岩相转换面。在同心、清水河、兴县等地区均表现为整合接触关系(图 2,界面 A)。同心青龙山地区表现为冶里组灰色中厚层细晶白云岩覆盖在上寒武统三山子组( $C_{3s}$ )中厚层粉—细晶白云岩夹泥质白云岩、砾屑白云岩之上;清水河地区上寒武统凤山组( $C_{3f}$ )顶部为薄层灰岩、泥质灰岩及白云质灰岩,界面之上的冶里组主要为白云岩和白云质灰岩;兴县一带岩性以白云岩为主,夹竹叶状白云岩,界面之上泥质含量增多。

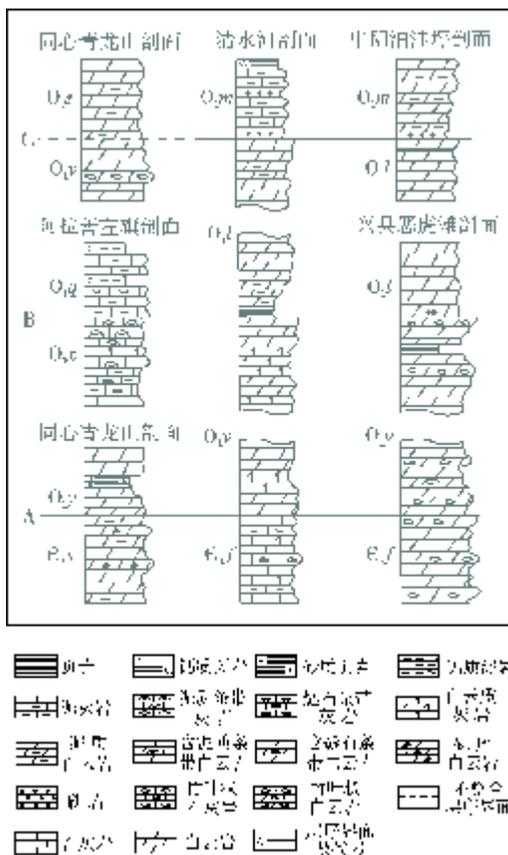


图 2 鄂尔多斯盆地北部下奥陶统冶里组—马家沟组层序界面及其上下地层露头剖面对比

$C_{3s}$  三山子组;  $C_{3f}$  凤山组;  $O_1$  冶里组;  $O_2$  下岭南沟组;  
 $O_3$  前中梁子组;  $O_4$  亮甲山组;  $O_5$  三道坎组;  $O_6$  马家沟组。  
 A 层序界面  $C_{3f}/O_1$ ; B 层序界面  $O_1/O_2$ ; C 层序界面  $O_1/O_2$

### 2.2 亮甲山组底界面

该界面为岩性、岩相转换面(图 2,B)。在阿拉善左旗、清水河、兴县等地区均为整合接触。在阿拉善左旗表现为前中梁子组灰色泥质灰岩、浅灰绿色钙质泥岩覆盖在下岭南沟组灰色泥质条带灰岩、白云质灰岩之上;清水河地区亮甲山组底部为一套深水相绿色页岩沉积,界面之下冶里组为一套白云岩和白云质灰岩沉积;兴县地区亮甲山组主要为一套细—中晶白云岩,底部为含燧石条带白云岩,发育鸟眼构造,界面之下的冶里组为浅黄色、灰色白云岩夹竹叶状白云岩、灰绿色页岩。

### 2.3 马家沟组一段底界面

该界面在同心青龙山为不整合层序界面,在清水河、中阳等地区为岩性、岩相转换面(图 2,C)。同心青龙山缺失亮甲山组,表现为三道坎组细—粉晶白云岩、含泥粉晶白云岩直接覆盖在冶里组细晶白云岩之上;在清水河、中阳等地区表现为马家沟组底部一套石英砂岩覆盖在亮甲山组白云岩之上。

### 2.4 马家沟组二段底界面

该界面为岩性、岩相转换面,在定边、塔巴庙等地区均为整合接触(图 3,D)。在该界面之上,石定探 1 井表现为泥质含量增加,定北 5 井表现为灰质含量增加,城川 1 井、大 50 井则表现为泥质含量减少。

### 2.5 马家沟组三段底界面

该界面为岩性、岩相转换面,在定边、塔巴庙等地区均为整合接触(图 3,E)。石定探 1 井、定北 5 井马家沟组三段底部为一套白云岩或灰质白云岩,覆盖在马家沟组二段顶部泥质白云岩之上;城川 1 井马家沟组二段膏质含量较高,向上面的马家沟组三段过渡为一套含泥白云岩、灰质白云岩;大 50 井表现为马家沟组三段的一套泥质白云岩覆盖在马家沟组二段顶部的厚层白云岩之上。

### 2.6 马家沟组四段底界面

该界面为岩性、岩相转换面,在定边、塔巴庙等地区均表现为整合接触(图 3,F)。石定探 1 井、定北 5 井,马家沟组四段底部主要为一套灰质白云岩、夹灰质白云岩;城川 1 井的马家沟组四段底部为一套

石灰岩,界面之下的马家沟组三段泥质含量较高,为一套泥质白云岩夹灰质白云岩;在大50井表现为马家沟组四段底部的含膏白云岩、石灰岩覆盖在马家沟组三段泥质白云岩之上。

### 2.7 马家沟组五段底界面

该界面为岩性、岩相转换面,在定边、塔巴庙等地区均为整合接触(图3,G)。在定边地区的石定探1井、定北5井、城川1井,马家沟组四段顶部均为一套白云质灰岩。石定探1井界面之上泥质含量较高,主要为一套泥质白云岩、白云质灰岩不等厚互层;定北5井、城川1井界面之上的马家沟组五段底部主要为一套灰质白云岩;大50井表现为马家沟组五段底部泥质白云岩覆盖在马家沟组四段含膏白云岩之上。

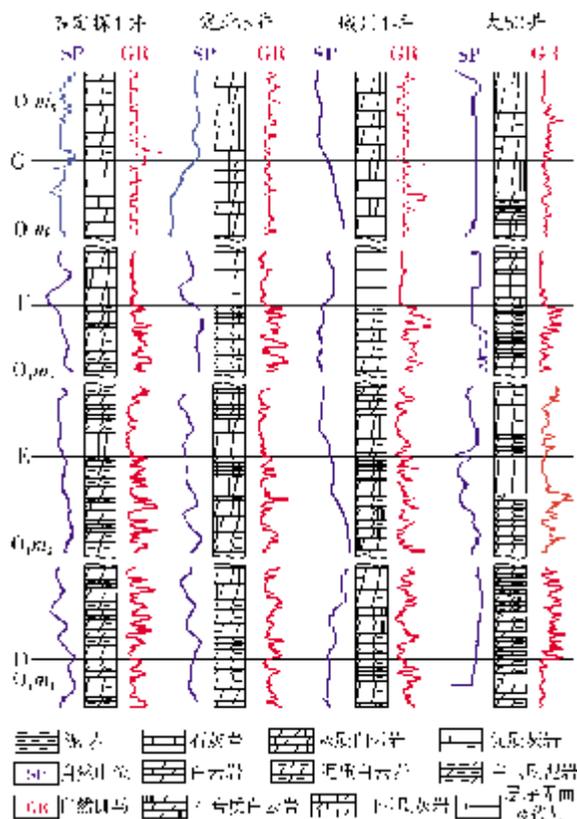


图3 鄂尔多斯盆地北部下奥陶统马家沟组二段—马家沟组五段层序界面及其上下地层钻井岩心对比

O<sub>1m</sub> 马家沟组。

D 层序界面 O<sub>1m1</sub>/O<sub>1m2</sub>; E 层序界面 O<sub>1m2</sub>/O<sub>1m3</sub>;

F 层序界面 O<sub>1m3</sub>/O<sub>1m4</sub>; G 层序界面 O<sub>1m4</sub>/O<sub>1m5</sub>

### 2.8 下奥陶统顶界面

该界面在乌海桌子山地区为岩性、岩相转换面,表现为中奥陶统乌拉力克组(O<sub>2w</sub>)底部一套角砾状灰岩整合覆盖在下奥陶统克里摩里组薄层灰岩、泥质灰岩、黑色页岩之上(图4,H)。在清水河、柳林等地区缺失平凉组,是一不整合层序界面,表现为石炭系本溪组(C<sub>2b</sub>)铁质、铝土质泥岩直接覆盖在马家沟组泥晶灰岩之上,两者呈平行不整合接触(图4)。

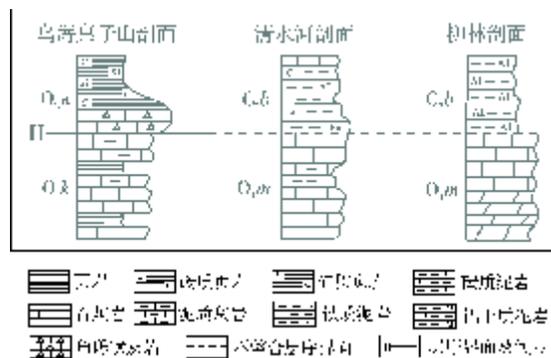


图4 鄂尔多斯盆地北部下奥陶统顶界面及其上下地层露头剖面对比

O<sub>2k</sub> 克里摩里组; O<sub>2m</sub> 马家沟组; O<sub>2w</sub> 乌拉力克组; C<sub>2b</sub> 本溪组。

H 层序界面 O<sub>2k</sub>/O<sub>2w</sub>

### 3 层序划分与层序特征

通过对上述关键界面的详细研究,参考孟祥化等人的研究成果<sup>[12]</sup>,将鄂尔多斯盆地北部下奥陶统共划分为10个三级层序其中冶里组两个层序(SQ1,SQ2),亮甲山组两个层序(SQ3,SQ4),马家沟组一段—六段各划为一个层序(SQ6—SQ10)(表2)。

层序 SQ1 相当于冶里组下部地层,其海侵体系域由竹叶状白云岩—薄层泥质白云岩或粗砂屑白云岩—薄层白云质泥岩、角砾状白云岩旋回组成。高位体系域下部以薄—极薄层或片状含泥白云岩为主,上部由若干厚层砂屑白云岩形成的垂向加积旋回组成,顶部为含泥砂质白云岩,含硅质结核。该层序在盆地东部柳林地区下部物质组成为准同生结晶白云岩,发育丘状层理、水平层理,为潮下沉积环境,上部单元由白云岩组成,逐渐发展为生物扰动白云岩,具潮汐层理,系潮间—潮上沉积。层序顶部发育棕褐色含铁质岩石,并伴有一暴露喀斯特面。整个层

表 2 鄂尔多斯盆地北部下奥陶统层序划分表(据文献[12],略有修改)

地 层				年代 (Ma)	层序	
统	阶	组	段			
下 奥 陶 统	达瑞威尔阶	马 家 沟 组	六段	461	SQ10	
			五段	463	SQ9	
	四段		465	SQ8		
	三段		468	SQ7		
	二段		471	SQ6		
	一段		473	SQ5		
	大湾阶	亮甲山组		476	SQ4	
				480	SQ3	
		新厂阶	冶里组		484	SQ2
					490	SQ1
			495			

序表现为向上变浅的旋回过程。

层序 SQ2 相当于冶里组上部地层,在鄂尔多斯盆地西缘同心县—贺兰县一带,海侵体系域下部为灰白色薄层、纸片状泥质白云岩,上部为中层状灰紫色含泥质生物扰动细粉晶白云岩。凝缩段沉积为生物扰动形成的无规律分布的斑状、团块状泥质块体。高水位体系域下部为灰紫色、薄层含泥质、粉砂质白云岩,发育水平层理,上部为中—粗砂屑白云岩,发育波状层理及少量平行层理,顶部为厚层—块状硅化白云岩,水平—波状藻纹层发育。柳林地区该层序下部为薄层泥质白云岩,夹风暴屑白云岩,上部为生物扰动白云岩,其顶部潮间带叠层石的发育代表旋回的结束。整体而言该层序在本区有向上变浅的趋势。

层序 SQ3 相当于亮甲山组下部地层,其层序海侵体系域下部由纹层状、浅肉褐色的中—薄层粉屑白云岩和灰色、灰褐色中—厚层粉砂屑白云岩组成,上部为中层褐黄色粉屑白云岩,发育水平层理,顶部为灰白色厚层粗砂屑白云岩和灰白色、块状燧石条带、团块及角砾状白云岩,角砾内藻纹层发育。其高位体系域主要为代表潮间带—潮上带环境的两个沥青质白云岩—灰白色燧石条纹白云岩旋回。在柳林地区,该层序下部物质组成为青灰色中厚层含大量燧石结核白云岩,上部为潮上坪含大量紫褐色泥质铁质粗晶白云岩,发育成层的溶洞,局部见岩溶角砾。

层序 SQ4 相当于亮甲山组上部地层,在盆地西缘自下而上为沥青质白云岩或含泥质沥青白云岩—燧石结核、团块白云岩—燧石条带白云岩—硅化钙结核,代表潮间坪—潮上坪—暴露环境的沉积演化。在

柳林地区该层序为向上变浅旋回,下部为潮下带薄层泥质岩和泥质白云岩,上部为叠层石及岩溶角砾。

层序 SQ5 相当于马家沟组一段地层,清水河及中阳地区底部为石英砂岩及含砂白云岩组成,为潮间—潮上砂坪和砂云坪沉积,上部发育薄层灰质白云岩和白云岩。而青龙山地区下部为厚层状或中厚层含砂白云岩,上部为潮坪沉积的薄层含泥晶白云岩。

层序 SQ6 相当于马家沟组二段地层,柳林地区层序下部发育潮坪相的灰质泥岩、灰岩及泥云岩,上部为潮下泥质灰岩及颗粒白云岩。青龙山地区以粉晶白云岩、球粒灰岩及生物碎屑灰岩和生物扰动灰岩为主。

层序 SQ7 相当于马家沟组三段地层,层序底部由喀斯特化角砾状白云岩、泥质白云岩组成,见膏、盐假晶及溶解孔洞,上部为潮间—潮上细晶白云岩或泥质白云岩。而青龙山地区下部发育瘤状灰岩及薄—厚层状泥质泥晶灰岩,局部见生物扰动构造,为深缓坡—潮下沉积,上部发育泥质泥晶灰岩,向上过渡为生物扰动灰岩,形成较厚的加积序列。

层序 SQ8 相当于马家沟组四段地层,柳林地区层序下部发育白云质灰岩、泥质灰岩、生物扰动灰岩及生物碎屑灰岩,中部沉积灰质泥岩,相当于凝缩段的沉积物,顶部为含膏灰岩。青龙山地区下部为泥灰岩和泥岩互层,上部为泥灰岩沉积。

层序 SQ9 相当于马家沟组五段地层,由于加里东运动的影响,仅在研究区西缘和东南缘出露。柳林地区为潮坪相的沉积环境,长期暴露风化,层序发育不全,底部为泥晶灰岩、白云质灰岩及岩溶角砾灰岩,中—上部为泥质白云岩、细晶白云岩,顶部风化剥蚀。同心青龙山地区表现为盆地相沉积特征,下部物质组成为泥晶灰岩及生物扰动灰岩,中部为薄层瘤状灰岩,上部为泥质泥晶灰岩和生物扰动灰岩,顶部为土黄色页岩。

层序 SQ10 相当于马家沟组六段地层,由于研究区广泛暴露剥蚀,仅在部分地区接受沉积,目前只有零星出露。柳林及清水河地区缺失该层序,同心青龙山地区仍为盆地相沉积特征,为薄层状含燧石结核及条带灰岩沉积,含三叶虫化石。

## 4 结论及讨论

本文以 Vail 的经典层序地层学理论为基础,通过对鄂尔多斯盆地北部下奥陶统露头及钻井的层序界面识别和沉积序列分析,识别出岩性、岩相转换面

及不整合界面两种层序界面类型。参考孟祥化等人以天文周期观沉积地质学为依据的旋回层序分析原理和方法<sup>[12]</sup>,将鄂尔多斯盆地北部下奥陶统划分为10个三级层序,在区域上具有较好的对比性。

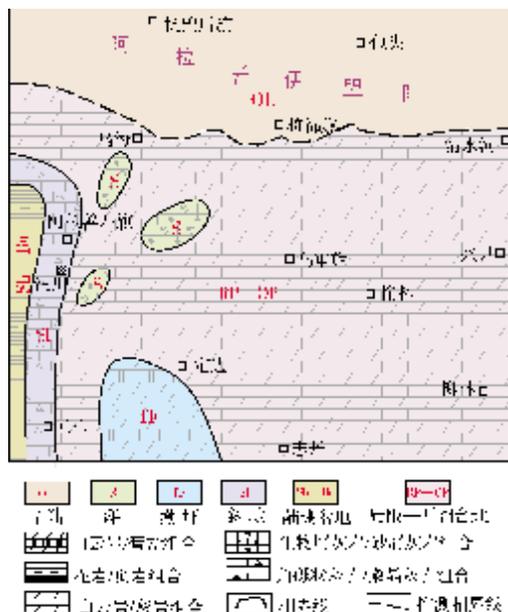


图5 鄂尔多斯盆地北部下奥陶统 SQ8 层序岩相古地理图

研究区下奥陶统总体表现为一套陆表海的碳酸盐岩沉积,其层序物质组成较单调,以发育潮坪及台地相碳酸盐沉积为主。层序 SQ1—SQ4 发育时期,研究区主体为鄂尔多斯陆,西北角为阿拉善陆,以潮坪相的浅水沉积为主,伴有短暂的暴露溶蚀。层序 SQ5 时期,由南至北开始大范围地海侵,陆地退缩,海域

增大。层序 SQ8 时期,盆地海域范围最大,北部阿拉善古陆与伊盟古陆连为一体,南边庆阳陆没于水下,演变为潮坪环境(图5)。层序 SQ9 时期,由于加里东运动的影响,盆地内水体变浅,伊盟—阿拉善陆与中央陆连成一片,盆地东西两侧水体分隔。层序 SQ10 时期,研究区大部分抬升成陆,遭受暴露风化,仅在西缘和东南缘部分地区接受沉积。

#### 参考文献

- [1] 魏魁生,徐怀大,叶淑芬. 鄂尔多斯盆地北部奥陶系碳酸盐岩层序地层研究[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1996, 21(1):1-10.
- [2] 马学平,韩作振,王英华. 华北地区冶里—亮甲山期层序地层及其岩相古地理[J]. 地质科学, 1998, 33(2):166-179.
- [3] 冯增昭,鲍志东. 鄂尔多斯奥陶纪马家沟期岩相古地理. 沉积学报, 1999, 17(1):1-8.
- [4] 杨遂正,金文化,李振宏. 鄂尔多斯多旋回叠合盆地形成与演化. 天然气地球科学, 2006, 17(4):494-498.
- [5] 何自新,等. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社, 2003.
- [6] 王玉新. 鄂尔多斯地块早中生代构造格局及演化[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1994, 19(6): 778-786.
- [7] 何自新,杨华,袁效奇. 鄂尔多斯盆地地质剖面图集[M]. 北京:石油工业出版社, 2004.
- [8] 陈洪德,刘文均,郑荣才,等. 层序地层学理论和研究方法[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1994.
- [9] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1991.
- [10] 山西省地质矿产局. 山西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [11] 宁夏回族自治区地质矿产局. 宁夏回族自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990.
- [12] 孟祥化,葛铭. 中朝板块层序、事件和演化[M]. 北京:科学出版社, 2004.

编辑:吴厚松

## Sequence Stratigraphy of Lower Ordovician Strata in North Part of Ordos Basin

Liu Jiahong, Chen Hongde, Hou Mingcai, Su Zhongtang, Wan Li

**Abstract:** According to outcrop profiles, drilling cores and well-loggings, the characteristic of sequence boundary and the type of boundary of Lower Ordovician strata are studied in the north part of Ordos Basin. The Lower Ordovician can be divided into 10 third-order sequences, which are SQ1 and SQ2 of Yeli Formation, SQ3 and SQ4 of Liangjiashan Formation, SQ5 to SQ10 of Member 1 to Member 6 of Majiagou Formation. Sequences SQ1 to SQ4 are characteristic of shallowing-upward structure. Sequences OSQ5 to OSQ7 show regional transgression that is characteristic of aggradation under the subtidal environment. Sequence SQ8 reflects the maximum transgression with characteristics of volumes of condensed succession in this area. Due to affection of Caledonian event, crops of Sequence SQ9 to SQ10 exist only in the western and southeastern edges of this area, in which basinal deep-water sediments develop in the western edge and tidal flat sediments do in the southeaster edge.

**Key words:** Sequence stratigraphy; Sequence boundary; Stratigraphic features; Early Ordovician; Ordos Basin

**Liu Jiahong:** male, Master degree in progress at Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology. Add: 1 Dongsan Rd., Erxianqiao, Chengdu, 610059 China