

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

鄂尔多斯盆地东西部奥陶系对比再研究

鲍志东 李儒峰 冯增昭

(石油大学地球科学系, 北京, 102200)

内容提要 鄂尔多斯盆地奥陶系可分为两个地层分区,即中东部地层分区和西部地层分区。两个分区奥陶系的划分和对比,是一个长期未决的问题。本次工作在露头剖面的古生物组合及岩性特征分析的基础上,结合钻井剖面的岩石古生物特征和测井曲线特征,将鄂尔多斯盆地东、西部的奥陶系进行了划分和对比:中东部分区奥陶系划分方案与华北地台的基本一致;中东部及西部的下奥陶统均可划分为冶里组和亮甲山组;西部的三道坎组相当于中东部的马家沟一组,桌子山组相当于马家沟二组和马家沟三组,克里木里组相当于马家沟四组、马家沟五组和马家沟六组,乌拉拉克组相当于平凉组下部。

关键词 奥陶系 地层分区 鄂尔多斯盆地

鄂尔多斯盆地位于华北地台的西部,面积约 320000 km²。奥陶系主要出露于盆地的东缘、南缘和西缘,厚度一般 300~1000 m,最厚达 2000 m 以上。在鄂尔多斯盆地的中部,奥陶系为上古生界和中新生界所覆盖。当今陕北大气田的天然气就主要产自奥陶系的马家沟五组。

鄂尔多斯盆地奥陶系研究可追溯到本世纪 20 年代^[1, 2]。半个多世纪的工作为本区的古生物地层学研究奠定了一定的基础,同时亦留下一些亟待解决的问题^[1~11],其中中东部与西部地区的奥陶系对比问题尤为重要。鄂尔多斯盆地奥陶系可分为中东部和西部地层分区。中东部地层分区奥陶系可分为下统的冶里组和亮甲山组,中统的马家沟群^[10](可进一步划分为马家沟一组、马家沟二组、马家沟三组、马家沟四组、马家沟五组和马家沟六组,以下简称马一组、马二组、马三组、马四组、马五组和马六组)。中统的平凉组和上统的背锅山组在中东部分区缺失;西部地层分区奥陶系可分为下统的冶里组和亮甲山组,中统的三道坎组、桌子山组、克里木里组、乌拉拉克组、拉什仲组、公乌素组、蛇山组,上统的背锅山组^[10]。在整个鄂尔多斯盆地,中奥陶统和下奥陶统以马家沟一组或三道坎组与亮甲山组之间的区域不整合面为界限。把鄂尔多斯盆地中东部地层分区和西部地层分区的奥陶系各组进行对比,建立起鄂尔多斯盆地全区奥陶系统一的地层划分对比系统,是鄂尔多斯盆地油气勘探的需要,亦具有重要的理论意义。然而本项工作具有相当的难度,因为这是两个不同古海域(中东部的古华北海和西部的古祁连海)的地层系统的对比,二者的岩石和化石特征有相当大的差异。因而在较长时间里,东西部地层划分对比问题一直困扰着油田的地层学工作者,同时也制约着油气勘探开发工作。

在前人研究成果的基础上,通过 14 条基干露头剖面的实测和分析、23 口钻井基干剖面的分析、371 条地震剖面的地质解释,本文采用岩石地层学、古生物地层学、测井地层学和地震

注:本文是中国石油天然气集团公司勘探科研项目“鄂尔多斯盆地及周缘地区奥陶纪地层、岩性、岩相及储集体工业制图”研究成果的一部分。

本文 1998 年 5 月收到,11 月改回,萧品芳编辑。

地层学相综合研究的方法,最终,基本上解决了鄂尔多斯盆地中、东部地层分区和西部地层分区奥陶系划分对比问题,建立了全盆地统一的地层划分和对比系统。

将马家沟群的顶底界及其内部的 6 个组划分对比清楚十分重要和关键,这关系到其下伏地层冶里组和亮甲山组以及上覆地层平凉组和背锅山组的划分对比问题。马家沟群的底界和顶界面是两个区域性不整合面,可作全区性的对比。在中东部和西部两个地层分区的对比中,河津县西喂口剖面 and 乌海桌子山剖面的化石组合起了决定性作用。

1 中东部地层分区的奥陶系

河津县西喂口剖面位于山西河津县城至西喂口的公路两侧,是鄂尔多斯中东部地层分区的代表剖面。综合研究该剖面奥陶系各个组的古生物、岩石、沉积旋回等特征,可为鄂尔多斯全区奥陶系的地层划分和对比提供了依据。

在该剖面,冶里组岩石主要为浅灰、灰黄色泥质白云岩夹竹叶状白云岩,厚 20~80 m,为开阔海和云坪环境沉积。亮甲山组岩石主要为富含燧石条带及团块的中厚层白云岩,亦为开阔海和云坪环境沉积。马家沟群六分性明显,马一组、马三组和马五组主要由准同生泥晶—泥粉晶白云岩、含泥泥晶—粉晶白云岩、含膏泥粉晶白云岩、膏岩及盐岩组成,分别属泥云坪、膏云坪和膏盐湖沉积。马二组、马四组和马六组主要由灰泥石灰岩、含颗粒石灰岩、亮晶颗粒石灰岩、含灰粉晶—细晶白云岩和粉晶—细晶白云岩组成,属开阔海台地相沉积。马家沟群在纵向上表现为典型的膏(泥)云坪和开阔海台地交替的旋回性特征,马一组和马二组组成第一个旋回,马三组和马四组组成第二个旋回,马五组和马六组组成第 3 个旋回。

本区马一组化石较少。马二组以富含牙形石:*Tangshanodus tangshanensis* 和 *Scolopodus flexilis* 为特征。马三组牙形石较少见,偶见马二组的延续分子。马四组以牙形石 *Plectodina onychodonta* 的大量出现为特征,同时伴生有牙形石 *Scandodus rectus*、*Aurilobodus aurilobus* 和 *Acontiodus virosus*。马五组的牙形石面貌与马四组的相似,常见牙形石 *Acontiodus virosus*、*Drepanodus arcuatus* 和 *Scandodus rectus*。马六组以牙形石 *Erismodus typus*、*Microcoelodus asymmetricus*、*Belodina compressa* 和 *Panderodus gracilis* 的出现为特征。

中东部地层分区的奥陶系总体特征和划分,均可与华北地台的对比^[10]。

2 西部地层分区

桌子山剖面为鄂尔多斯盆地西部地层分区的代表剖面(图 1),位于乌海市海勃湾。

2.1 桌子山剖面奥陶系的划分和对比

桌子山剖面奥陶系的划分和对比,主要是中奥陶统的划分及其与中东部地层的对比。

三道坎组,根据头足类 *Parakogenoceras* 带、*Pseudowutinoceras* 带以及牙形石 *Aurilobodus leposomatus*-*Loxodus dissectus* 带,其时代可与华北地区的马一组对比。再根据其底部的区域不整合以及准同生白云岩和砂岩等特征,可知三道坎组与华北地区的马一组属同期异相沉积。

桌子山组第一段,根据 *Ordosoceras quasilineutum* 和 *Polydesmia zhuozishanensis* 这些华北地区马二组的典型头足类化石,以及 *Scolopodus flexilis*、*S. euspinus* 等中东部马二组的典型牙形石分子,其时代可与华北地区的马二组对比。

桌子山组第二段,据其头足类 *Pomphoceras-Dideroceras undulatum* 带,其时代大体可与华北地区的马三组对比。

乌拉力克组,根据牙形石 *Eoplacognathus foliaceus*、*Pygodus serrus*、*Periodon arculeatus*、*Pygodus anserinus* 等典型的平凉组化石,其时代基本可与平凉组对比。

在克里木里组中,本次分析出的牙形石 *Eoplacognathus suesicus* 带和笔石 *Amplexograptus confertus* 带等两个化石带,分别位于克里木里组的顶部和下部。前者出现于马五组的顶部,后者则出现于马四组。这样就界定了克里木里组属马四组到马五组的时代。

由此可见,根据生物组合面貌基本上可以将桌子山剖面和中东部地区的奥陶系进行大轮廓的对比,各组之间具体界线的划分,则要结合岩性及沉积构造的差异来确定。

三道坎组的底界,即马一组的底界,是区域不整合面,十分容易确定。

三道坎组和桌子山组之间的分界,即马一组和马二组的界线,前人已有定论^[7, 9, 10]。

桌子山组的分解,即其内部的对应用于马二组和马三组的界线,以开始出现头足类 *Pomphoceras-Dideroceras undulatum* 带的瘤状石灰岩为界,此界线的岩性特征明显。

桌子山组和克里木里组的分界,即马三组和马四组的界线,此界线前人已有定论^[9, 10]。

克里木里组内部相当于马四组和马五组的界线,主要根据沉积构造来确定,马五组的下部为薄板状石灰岩,而马四组的上部为中—薄层石灰

组名	层号	厚度(m)	岩性剖面	主要化石		东部组相名
				笔石和头足类带	牙形石	
乌拉力克组	100 92	79.7		<i>Glyptograptus teretiusculus</i> 带	<i>Pygodus anserinus</i> <i>Pygodus serrus</i> <i>Periodon arculeatus</i>	平凉组
克里木里组	91 76	214.3			<i>Eoplacognathus suesicus</i> <i>Panderodus gracilis</i> <i>Periodon</i> sp. <i>Protopanderodus arcuatus</i>	马五组
	75 71	61.1		<i>Amplexograptus confertus</i> 带	<i>Protopanderodus robustus</i> <i>Drepanodus arcuatus</i> <i>Spinodus spinatus</i>	马四组
	70 59	195.8		<i>Pomphoceras-Dideroceras undulatum</i> 带	<i>Scolopodus nogamii</i> <i>S. euspinus</i> <i>Aurilobodus leptosomatus</i> <i>A.</i> sp. <i>Paraistodus paralletus</i> <i>Belodella jemilandicus</i> <i>Loxodus dissectus</i>	马三组
桌子山组	58 43			<i>Ordosoceras quasilineatum</i> 带 <i>Polydesmia zhuozishanensis</i> 带	<i>Scolopodus flexilis</i> <i>S. nogamii</i> <i>Rhipidognathus laiwuensis</i> <i>Tripodus changshanensis</i>	马二组
	42 1	87.5		<i>Parakogenoceras</i> 带 <i>Pseudowutinoceras</i> 带	<i>Drepanodus</i> sp. <i>Belodella rigida</i> <i>Nasusgnathus dolonus</i>	马一组
三道坎组						

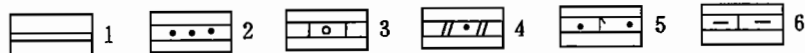


图1 内蒙古乌海桌子山剖面奥陶纪地层划分

Fig. 1 Stratigraphic division of the Ordovician in the Zhuozishan section,

Wuhai City, Inner Mongolia

1—泥(页)岩; 2—砂岩; 3—颗粒石灰岩; 4—含砂白云岩; 5—含砂云质石灰岩; 6—泥质石灰岩

1—Mudstone(shale); 2—sandstone; 3—grainy limestone; 4—sand-bearing dolostone;

5—sand-bearing dolomitic limestone; 6—argillaceous limestone

岩。克里木里组顶部的相当于中东部马六组的地层,在该剖面上可能遭剥蚀而未见。

克里木里组与乌拉力克组的界线,即马五组与平凉组的界线上下岩性及古生物面貌均有明显的差异,且二者之间为区域不整合接触。

2.2 西部地层分区小结

在西部地层分区,冶里组出露非常有限,仅见于泾阳、贺兰山和青龙山地区,岩石主要为灰色薄—中层含燧石白云岩或中—厚层细晶—粉晶白云岩。亮甲山组普遍遭受剥蚀,仅在南部泾阳地区有出露,岩石主要为灰色、浅灰色中—厚层含燧石条带或团块泥粉晶—细晶白云岩。

在鄂尔多斯盆地西部,桌子山剖面十分关键,其他剖面可参考这条剖面进行划分。因此,解决这条剖面的地层划分以及中东部地层分区的对比至关重要。如前所述,桌子山剖面的三道坎组可与马一组对比,桌子山组可与马二组和马三组对比,克里木里组可与马四组和马五组对比。

平凉组仅分布于鄂尔多斯盆地的西南缘,岩石主要为灰黑色、灰色、灰绿色钙质页岩夹石灰岩、砂岩。背锅山组的分布范围更小,仅限于鄂尔多斯盆地的西南一隅,岩石主要为页岩、粉砂岩及瘤状石灰岩。

3 中东部和西部地层分区的奥陶系对比

中东部地层分区和西部地层分区奥陶系各组时代的对比依据,主要是化石和区域不整合,其次是岩石特征和测井资料特征等。

3.1 化石

① 在中东部地层分区,马一组化石较少,但其中的头足类 *Parakogenoceras* 带、*Pseudovutinoceras* 带以及牙形石 *Aurilobodus leposomatus*-*Loxodus dissectus* 带,在西部地区的三道坎组常见。② 中东部的马二组以富含牙形石 *Tangshanodus tangshanensis* 和 *Scolopodus flexilis* 为特征;西部的桌子山组下部分析出牙形石:*Scolopodus flexilis*、*S. euspinus*、*S. nogamii*、*Rhipidognathus laiwuensis* 等,亦均为中东部地区马二组牙形石的典型分子。③ 马三组化石较少,偶见马二组的延续分子,如牙形石 *Tangshanodus tangshanensis*;在桌子山组的中、上部分析出牙形石:*Scolopodus nogamii*、*S. euspinus*、*Loxodus dissectus*、*Protopanderodus rectus*、*Rhipidognathus laiwuensis* 等,基本上均是华北地区马三组的牙形石。④ 马四组以牙形石 *Plectodina onychodonta* 的大量出现为特征,同时伴生有牙形石:*Scandodus rectus*、*Aurilobodus aurilobus*、*Acontiodus virosus*、*Erraticodon tangshanensis* 等;在克里木里组下部分析到的牙形石:*Protopanderodus arcuatus*、*Scandodus rectus*、*Drepanodus arcuatus*、*Periodon aculeatus* 等,基本与马四组的牙形石同时代。⑤ 马五组的牙形石面貌与马四组的相似,但其数量和种属均少,可见牙形石:*Acontiodus virosus*、*Drepanodus arcuatus*、*Scandodus rectus* 等,偶见牙形石 *Plectodina onychodonta*;在克里木里组的中上部有牙形石:*Dapsilodus mutatus*、*Eoplacognathus suesicus*、*Panderodus compressa*、*Periodon aculeatus* 等,基本都是马五组的分子。其中 *Eoplacognathus suesicus* 是华北地区“上马家沟组”分子。尽管克里木里组的牙形石已混有一定数量的北大西洋型分子,但总体面貌仍可与华北地台的马五组对比。⑥ 马六组以牙形石:*Erismodus typus*、*Microcoelodus symmetricus*、*Belodina compressa* 和 *Panderodus gracilis* 的出现为特征,与华北地区“峰峰组”上部的牙形石相当。在桌子山剖面的克里木里组顶部,尚未见相当于中东部马六组的典型化石,可能遭后期剥蚀所致。⑦ 在乌拉力克组有牙形石:*Eoplacognathus foliaceus*、*Pygodus serrus*、*Periodon*

arculeatus、*Pygodus anserinus* 等,这些是典型的平凉组牙形石。因此,桌子山的乌拉力克组时代与平凉组下部相当。

3.2 区域不整合

马家沟群、平凉组及背锅山组的顶底界均为区域不整合面。

马家沟群的底界是怀远运动所造成的不整合面,这一不整合面在鄂尔多斯地区以及整个华北地台均有分布。在鄂尔多斯地区,马家沟群与下伏的亮甲山组或冶里组或寒武系接触。马家沟群底部发育有含陆源砾石和石英砂的准同生白云岩、石英砂岩或含砾石英砂岩,下伏地层一般为粗粉晶—细晶的准同生—后生白云岩。上下不同的岩石类型以及二者之间的明显的不整合面是确定马家沟群底界的可靠标志。

马家沟群的顶界也是一个不整合面。在鄂尔多斯盆地中东部地区及其以东的广大的华北地区,马家沟群的不同层位与石炭系呈不整合接触,其间的不整合代表了长达 130~150 Ma 年之久的剥蚀和沉积间断。在鄂尔多斯盆地的西部地层分区,马家沟群的顶部(即马六组的上部)发育一套准同生—后生的砂糖状白云岩,其上覆地层为平凉组的薄层石灰岩夹页岩或凝灰岩等,两者之间构成明显的不整合。无论是野外露头或是在井下,这一不整合面都很容易确定和追溯。在西南部的平凉和陇县地区,马家沟群与上覆地层平凉组为平行不整合接触,不整合面出露不太清楚。具体界线可由牙形石确定,一般牙形石 *Pygodus serras*、*Pygodus anserinus*、*Periodon aculeatus* 等组合的出现为平凉组底界。在桌子山地区,平凉组或乌拉力克组与下伏地层的界线,在岩性上以大套页岩夹角砾石灰岩的出现为准,在古生物上以头足类 *Glyptograptus teretiusculus* 带的出现为准。

平凉组仅分布在鄂尔多斯盆地的西缘和南缘地区,除在西南缘上覆以背锅山组外,其他地区均与石炭系直接接触。平凉组顶部的不整合面为平凉组顶界的确定和区域对比提供了最重要的依据。

3.3 岩石特征

在华北地台的广大范围内,马家沟群的 6 个组在岩石特征上构成了 3 个明显的沉积旋回。其中,马一组和马二组构成第一旋回;马三组和马四组构成第二旋回;马五组和马六组构成第三旋回。马一组至马六组分别对应于这些旋回下部的低水位沉积和上部的高水位沉积。这 3 套沉积旋回在整个华北地台上均发育^①。

在鄂尔多斯盆地中东部地区,无论是钻井剖面还是露头剖面,马家沟群的沉积旋回性均与华北地台主体部分相同,属于华北海沉积。马一组、马三组、马五组岩石相似,主要为灰色—黄灰色含泥准同生白云岩、溶塌角砾岩、石灰岩、膏岩和盐岩。马二组、马四组、马六组以块状石灰岩为主,夹云斑石灰岩、灰斑白云岩及砂糖状白云岩。这 3 个沉积旋回很清楚。

在鄂尔多斯盆地西部地层分区,与马家沟群相当的地层,已不再具备中东部地层分区的沉积旋回。因此西部地层分区的奥陶系的划分和对比要根据古生物资料、岩石组合以及测井曲线特征等综合考虑才行。

3.4 测井曲线特征

在鄂尔多斯盆地奥陶系的区域地层对比中,发现马四组的自然伽玛曲线平直或呈低幅锯齿状,声波时差曲线平直。这一测井曲线平直段,横向上较为稳定,几乎在全区范围内均可对

① 李儒峰. 华北中、新元古代及奥陶纪层序地层和油气, 石油大学(北京)博士后研究报告, 1997.

比,是全区对比的特征标志之一。

在鄂尔多斯盆地中东部地层分区,马一组、马三组、马五组的自然伽玛曲线一般呈高幅尖峰锯齿状。这一特征在西部地层分区的钻井剖面也有不同程度的表现。因此,马一组、马三组、马五组的自然伽玛曲线的形态组合可以作为中东部地层分区和西部地层分区对比的重要参考标志。

4 结论

综上所述,鄂尔多斯地区中东部地层分区和西部地层分区奥陶系各组的地层格架面貌虽有一定的差异,但综合化石、区域不整合、岩石组合、测井曲线形态等资料,仍可将其进行划分和对比(表1)。划分和对比的主要认识是:①中东部地层分区的奥陶系总体特征及划分与华北地台的基本一致。②中东部地层分区和西部地层分区的下奥陶统均可划分为冶里组和亮甲山组。③西部地层分区的三道坎组相当于中东部地层分区的马家沟一组,桌子山组相当于马家沟二组和三组,克里木里组相当于马家沟四组、五组和六组,乌拉力克组相当于平凉组下部。

表1 鄂尔多斯盆地奥陶系划分对比

Table 1 Stratigraphic division and correlation of Ordovician in Ordos basin

系	统	鄂 尔 多 斯 盆 地																							
		西 部 地 层 分 区					中 东 部 地 层 分 区																		
石 炭 系		本 溪 组 或 太 原 组					本 溪 组 或 太 原 组																		
奥 陶 系	上 统	背 锅 山 组					背锅山组																		
	中 统	蛇 山 组 公乌素组 拉什仲组 乌拉力克组					平凉组																		

参加研究工作的还有石油大学的张永生博士、谭健博士、康祺发博士、王玉新博士、韩征博士、张传录博士和韩宇春硕士,长庆石油勘探开发研究院的张吉森高级工程师、蔡友贤高级工程师等,以及甘肃省地质矿产局的郑昭昌总工程师。安太庠教授曾给予指导。笔者在此一并表示诚挚的谢意。

参 考 文 献

- 1 葛利普. 中国北部奥陶纪之动物化石. 中国古生物志(乙种), 1922, 1(1): 1~3.
- 2 袁复礼. 甘肃平凉奥陶纪笔石化石层. 中国地质学会志, 1925, 4(1): 19~20.
- 3 关士聪, 车树政. 内蒙古伊克昭盟桌子山区域地层系统. 地质学报, 1955, 35(2): 95~108.
- 4 穆恩之. 中国含笔石地层. 见: 中国地质学会编. 中国地质学基本资料专题总结论文集(3). 北京: 地质出版社, 1959. 1~75.
- 5 张日东. 内蒙伊克昭盟桌子山区域下奥陶纪的头足类化石. 古生物学报, 1959, 7(4): 259~283.
- 6 车福鑫. 陕西陇县上奥陶统的发现. 科学通报, 1963, 3: 63~64.
- 7 陈均远. 鄂尔多斯地台西缘奥陶纪生物地层研究的进展. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 1984, 20: 1~31.
- 8 于芬玲, 王志浩. 陕西陇县上奥陶统背锅山组牙形刺. 微体古生物学报, 1986, 3(1): 99~105.
- 9 安太库, 郑昭昌. 鄂尔多斯盆地周缘的牙形石. 北京: 科学出版社, 1990.
- 10 冯增昭, 王英华, 张吉森等. 华北地台早古生代岩相古地理. 北京: 地质出版社, 1990. 10~14.
- 11 王涛. 中国天然气地质基础理论与实践. 北京: 石油工业出版社, 1997. 168~171.

Stratigraphic Division and Correlation of the Ordovician in the Eastern and the Western Ordos Basin: A Review

Bao Zhidong, Li Rufeng and Feng Zengzhao

(Department of Earth Sciences, University of Petroleum, Beijing, 102200)

Abstract

The Ordovician in the Ordos basin is developed in two stratigraphic districts, i. e., the east—central stratigraphical district and western stratigraphical district. The stratigraphic division and correlation of the Ordovician in the two districts have long been an outstanding problem. Analyses of fossil assemblages and lithology in the outcrop section combined with fossils in rocks and logs of drill holes gave the following conclusions: ① the main characteristics and division of the Ordovician in the east—central Ordos are essentially consistent with those of the North China platform; ② the Lower Ordovician can be divided into the Yeli Formation and Liangjiashan Formation in both the east—central Ordos and western Ordos; ③ the Sandakan Formation in the western Ordos is equivalent to the Majiagou 1 Formation in the east—central Ordos, the Zhuozishan Formation is equivalent to the Majiagou 2 and Majiagou 3 Formations, the Kelimuli Formation is equivalent to the Majiagou 4, 5 and 6 formations, and the Wulalike Formation is equivalent to the Pingliang Formation.

Key words: Ordovician; stratigraphical district; Ordos basin

作者简介

鲍志东,男,1964年生。1986年毕业于合肥工业大学地质系,1993年获石油大学油气地质与勘探专业博士学位。现为石油大学(北京)地球科学系副教授,从事地层古生物学及石油地质学教学和科研工作。通讯地址:102200,北京市昌平石油大学地球科学系;电话:(010)69745566-3703;传真:(010)62341089;电子信箱: Baozd<geosci@www.bjpeu.edu.cn>