

鄂尔多斯西南部中奥陶世 环陆架沉积特征

张吉森 费安琦 王志辉

(长庆油田勘探开发研究院)

国内多数研究者均将华北峰峰组与本区中奥陶统对比^[1,2]。近年来笔者等发现,本区早中奥陶世牙形刺动物群面貌显著不同,峰峰组*Badoudus-Panderodus-Microcoelodus*牙形刺组合,出现于本区南缘岐山、泾阳、富平一带下奥陶统顶部的石马坪组之中,且与整个下奥陶统牙形刺动物群同属太平洋型。其上则整合覆以含北大西洋型牙形刺组合的中奥陶统平凉组或西陵沟组。因此,笔者认为本区中奥陶统在华北均缺失。本文拟就这套华北尚未见及的地层,选用了地层厚度、岩石颜色、颗粒岩厚度百分比、灰泥岩厚度百分比及不同生物岩厚度百分比等五种因素,对其沉积特征进行初步探讨。

文中利用了长庆油田研究院古生界组历年成果,参加工作的还有刘平均、彭荣华同志;杨奕华、郑君禄同志鉴定薄片,孙再骏、游青正同志绘制附图及图版,并由成都地质学院曾允孚教授审阅全文,在此一并致谢。

一、岩相古地理特征

鄂尔多斯西部及南部中奥陶世沉积可分为两大类型:西部以砂页岩为主,南部以碳酸盐岩为主。古生物群,也相应分为以浮游为主和以底栖为主两大生物区。

西缘桌子山、环县石板沟、平凉至陇县一带,沉积物以页岩、砂质页岩、灰质页岩为主,夹薄层泥晶石灰岩、砂岩及砾岩,临近古陆厚度较薄,如桌子山、环14井分别为416.55米和665米,而青龙山至石板沟一线则厚千余米,至贺兰山、大、小罗山以西,可达数千千米(图1)。岩石颜色主要为绿灰、黄绿、黑灰、灰黑色,向西及西南方向逐渐加深。桌子山一带下部地层多为灰黑、黑色页岩,属强还原环境,所夹薄层泥晶石灰岩中,常常发育水平纹层。砂岩中常可见缓斜层理。沉积相序底部为角砾岩,上部为笔石页岩(图2)。

引人注目的是,桌子山、环县石板沟、平凉官庄、陇县等靠近古陆的各个剖面,中奥陶统都夹有一至数层角砾岩。这种角砾岩常呈底面平整,顶面凹凸不平的席状或凸镜状产出,横向延伸可达数十米至几公里。环县石板沟剖面夹有两层角砾岩,单层厚0.6米及8.7米。砾石含量70—80%,泥灰质或灰质胶结。砾石有两类:一为来自中奥陶统下部的灰黄色泥晶石灰岩,灰绿、黄绿色含笔石页岩;另一类来自下伏下奥陶统三道沟组的云斑石灰岩、亮晶砂屑石灰岩、藻石灰岩等。砾石多为角砾状,仅下奥陶统砾石磨圆稍好,常呈次圆至次棱角状。砾径最大可达30厘米以上,小的只有1厘米左右,自下而上,砾

陆架边缘,其沉积序列大不相同,将其分为沉积边缘与塌积边缘两种相模式^[8]。我们认为鄂尔多斯地区西缘的中奥陶统即为塌积型边缘沉积(图4)。

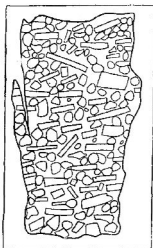


图3 桌子山地区乌拉克组角砾岩素描图

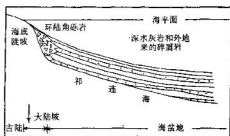


图4 鄂尔多斯西、南部中奥陶统塌积边缘模式示意图

本区西缘砂页岩为主的中奥陶统,古生物以营漂浮生活的群落为特征。页岩层面上常常可以见到密集杂乱分布的笔石(图版I-3);三叶虫大多具有球泡或长刺;腕足类壳小而薄,呈扁平状。表明它们营漂浮或假漂浮生活。各门类化石保存十分完好,壳饰极为清晰,不同大小,不同发育阶段的个体常常共生,表明未经水流搬运,静水原地埋藏。环县车道坡至沙井子一带,与石板沟相距仅二十余公里,这里中奥陶统上部的车道组碳酸盐岩台地型沉积,含丰富的底栖三叶虫,与石板沟龙门洞组营漂浮生活的三叶虫属群面貌截然不同。

本区南部边缘千阳、永寿、泾阳至富平一带,中奥陶统主要为碳酸盐岩。在靠近古陆处厚度较薄,如耀参1井厚172米,耀县桃曲坡厚147.5米,向秦岭海槽方向增厚的幅度较小,形成范围不大的碳酸盐岩台地型沉积。我们称之为渭北碳酸盐岩台地。

从单因素图件中可以看出,这一碳酸盐岩台地的沉积特征较为复杂。其南部铁瓦殿一带,岩石以浅灰、灰色为主,还原色岩层厚度只占39.97%,属浅色区。北部耀参1井一带,岩石以灰色为主,还原色岩层厚度占52.18%,继续向北可能趋于减少。中部永参1井至桃曲坡一带属深色区,还原色岩层厚度分别占62.08和56.76%。说明台地中部永参1井至桃曲坡一带可能具备一定封闭条件(图5)。

对十五种常见生物碎屑,按单层含量小于5%、5—20%及大于20%三级分别进行统计,逐一计算每一级别岩层占总厚的百分比,并绘成平面图后,我们发现,生物碎屑的含量亦呈规律性的变化,例如,在腕足碎片含量5—20%岩层厚度百分比图中,铁瓦殿高达28.18%,其余各点则甚少,甚而为零(图6);在含量>20%的图中亦然,铁瓦殿为6.6%,其余各点均为零。这就说明当时铁瓦殿一带腕足类生物十分繁盛,其环境应为盐度正常、水循环良好、温暖清洁的浅水水域。根据腕足类化石较为破碎,纹饰磨蚀殆尽,且有一定排列与分选,可以判断这种岩石为中等强度水动力条件下的产物,属于

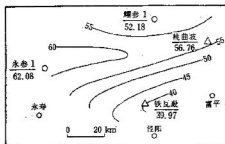


图5 鄂尔多斯清北碳酸盐岩地含还原色岩层厚度百分比等值线图

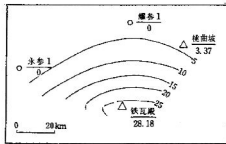


图6 泥质类碎片含量5—20%岩层厚度百分比等值线图

介壳准相。永参1井至耀参1井一带生物较少,且以腹足类、瓣鳃类等广盐生物为主,表明此地水循环受到限制,盐度不正常。

颗粒石灰岩厚度百分比图及灰泥岩厚度百分比图亦同样明显地呈现出规律性。在砂屑含量>50%, 25—50%及10—25%三种级别的岩层厚度百分比图中,永参1井、耀参1井、桃曲坡剖面数值均较低,铁瓦殿剖面最高(图7、8、9)。而低能量的灰泥岩却恰恰相反,在灰泥岩含量>50%岩层厚度百分比图中,永参1井、耀参1井、桃曲坡剖面百分比分别为88.84, 76.74, 75.02, 而铁瓦殿剖面仅为27.85% (图10)。高能环境强水动力条件下形成的砂屑石灰岩,在铁瓦殿剖面占最大比例,说明这一带为浅滩环境,其余各点则属低能相带。

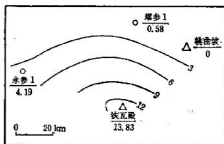


图7 砂屑含量>50%岩层厚度百分比等值线图

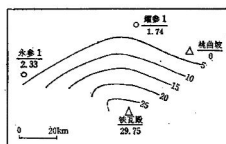


图8 砂屑含量25—50%岩层厚度百分比等值线图

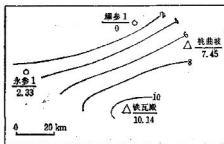


图9 砂屑含量10—15%岩层厚度百分比等值线图

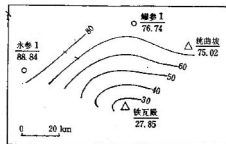


图10 灰泥含量>50%岩层厚度百分比等值线图

根据单因素图件表明的规律及各剖面中奥陶统的沉积特征和古生物特征,渭北碳酸盐岩台地大体可分为下列四个亚相区:

1. 永寿附近的永参1井及其以北地区,中奥陶统主要为含泥白云岩、白云质石灰岩、含生物石灰岩及泥页岩。其沉积相序底部是泻湖相泥晶石灰岩,含完整介形虫和腹足类化石,其上为泻湖相白云岩化石灰岩夹准同生的白云岩、含泥白云岩(图11)。这里的生物群以完整的介形虫和腹足类为主,也有极少量的海百合、腕足类碎片。显然海水盐度是不正常的,不适于窄盐度的底栖生物生活,为滩后泻湖沉积环境。

2. 泾阳铁瓦殿一带的中奥陶统,可分为下部的西陵沟组 and 上部的白玉组。西陵沟组下部为砂屑白云岩及生物碎屑白云岩,系灰岩白云岩化的产物,生物碎屑以海百合为主,白云晶粒半自形—它形,切割交代海百合,使之成为残余状;中部为含介形虫的球粒泥晶白云岩;上部则出现具干裂、收缩纹的粉晶白云岩,具纹层的泥质白云岩。显示了由潮下一潮间—潮上的沉积特征。在沉积相序上一般底部以潮汐沟砂屑石灰岩夹凝灰岩开始,向上为潮坪相次生白云岩,终以准同生白云岩结束(图12)。

白玉组的沉积序列与西陵沟组不同,表现为潮下高、低能频繁交替的特点。每一序列自下而上为亮晶砂、砾屑石灰岩,泥晶砂屑石灰岩或腕足石灰岩,粉屑球粒石灰岩或含泥的腕足石灰岩。砂屑石灰岩中,砂屑呈圆状或次圆状,成分为泥晶石灰岩、藻石灰岩、粉屑石灰岩,颗粒之间为亮晶方解石胶结,呈栉壳状,具二世代结构。腕足石灰岩几乎全为腕足类碎片堆积而成,其间被粉晶方解石充填(图版I-2,1)。其次夹有少量全由海百合茎堆积而形成的海百合石灰岩(图版I-4),以及亮晶褐藻屑石灰岩。在沉积相序上,白玉组主要以滩相砂、砾屑石灰岩开始,向上逐渐过渡为滩相亮晶骨屑石灰岩、粉晶腕足石灰岩及滩后泥—粉晶球粒骨屑石灰岩、含泥生物石灰岩,能量由高到低(图13)。相序下部的生物以海百合、腕足类为主。均经搬运、磨蚀,呈碎片状,为亮晶方解石

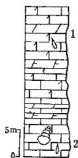


图11 永参1井中奥陶统沉积相序示意图

1. 泻湖相白云岩化石灰岩夹准同生白云岩、含泥白云岩
2. 泻湖相泥晶石灰岩,含完整的腹足类、介形虫

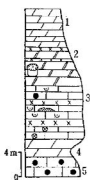


图12 泾阳铁瓦殿西陵沟组沉积相序示意图

1. 潮坪相白云岩
2. 潮坪相次生白云岩夹凝灰岩
3. 潮汐沟石灰岩夹凝灰岩
4. 潮坪相白云岩
5. 潮汐沟砂屑石灰岩

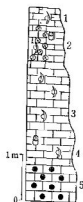


图13 泾阳铁瓦殿白玉组沉积相序示意图

1. 滩后含泥生物石灰岩
2. 滩后泥—粉晶球粒骨屑石灰岩
3. 滩相粉晶腕足石灰岩
4. 滩相亮晶骨屑石灰岩
5. 滩相砂砾屑石灰岩

胶结。中部生物以准原地密集堆积的腕足类为主,出现部分单瓣壳。略具一定排列方向和分选,但壳饰基本完整,显然经过水流短距离搬运。上部的生物则为原地生长的腕足类,不同大小的个体紧密成层富集,基本上保持着原来的生活状态。白王组的生物群,除腕足类和海百合外,珊瑚、头足类、三叶虫等均很发育,绿藻、红藻也极繁盛。说明当时这一带海域盐度正常,水循环良好,水动力中一强,适于底栖及游泳生物生存,为台地边缘浅滩相沉积。

3. 千阳梁武城—礼泉、庄里一带,中奥陶统沉积序列的下部为亮晶砂屑石灰岩或核形石、凝块石灰岩。镜下可见暗色凝块石及藻球粒粘连在一起,常呈不规则状分布,具亮晶方解石充填的藻架孔(或窗孔)。上部为球粒泥晶石灰岩含大量的伞藻,局部富集可为伞藻石灰岩,藻体之间常充填灰泥及少量球粒和生物碎片。此外,见个别游泳生活的直角石类。其特点是水动力以低能为主,盐度正常,属滩前石灰岩相带。

4. 富平赵老峪一带的中奥陶统,主要由角砾岩、砂屑石灰岩、粉屑泥晶石灰岩、薄板状泥晶石灰岩及薄层凝灰岩组成,厚度大于750米。这里的中奥陶统与台地各处相比,有着与众不同的特点。

其一、剖面中有大量深灰、灰色薄板状泥晶石灰岩或泥晶粉屑石灰岩。常具水平或微波状纹层,含放射虫化石,有时可见同生揉皱(图版I-7)。层面常有小型不对称波痕,有时可见网格状的水平虫迹。石灰岩中常夹顺层分布的灰黑色燧石条带,其中也含有放射虫化石(图版I-8)。种种特征表明,这种薄板或页状石灰岩是在深水低能环境中生成的。

其二、剖面中夹有十余层角砾岩(图版I-6)。这种角砾岩一般厚度在2米以内,最厚可达10米,横向极不稳定,常呈凸镜状,底面较为平整,顶面起伏不平,以所含角砾大小混杂、成分多样、排列紊乱为特征。砾石的来源大致有二:一是盆地深水成因的薄板状石灰岩、页状石灰岩、泥晶角砾石灰岩及凝灰岩、燧石等破碎而成,称之为深水砾石;二是浅水台地成因的亮晶砂屑石灰岩等,称之为浅水砾石。深水砾石均为尖锐的稜角状,直径一般在10厘米以下,少数大于1米,个别可达 2×12 米。大的砾石常呈“漂浮状”散布于较细砾石之中,在大的砾石中,特别是岩性为薄板或页状石灰岩者,常可见到复杂的揉皱及窗棂构造。浅水砾石则为圆状或次圆状,一般直径小于5厘米,砾石排列杂乱,但大砾石长轴常顺层面分布,砾石之间充填砂屑、灰泥、泥质物以及鲕粒、骨屑、石英颗粒等等,仅在基质中见有个别介形虫、三叶虫、腕足类和棘皮动物化石碎片(图版I-5)。

剖面中的砂屑石灰岩,也有与角砾岩类似的特点,砂屑成分既有深水成因的泥晶石灰岩,又有浅水成因的亮晶颗粒石灰岩,并见“漂浮状”的砾石,说明砂屑石灰岩与角砾岩一样也属重力流成因。

薄层石灰岩中的同生揉皱等滑动构造,也表明了海底陡坡的存在。

这些特征表明,富平赵老峪一带中奥陶世处于大陆架向海盆过渡的地带,环大陆架角砾岩的存在是其显著特点。这里的沉积相序一般底部为深水碎石流角砾岩,向上逐渐过渡为碎石流砂屑、粉屑石灰岩,再上为深水薄板状石灰岩。在整个剖面中反复出现(图14)。

根据剖面中扁平砾石倾斜方向等特征判断,其东南方向应为盆地相碎屑岩夹薄层石

灰岩沉积。由于已进入覆盖区,这一点尚待钻孔揭露证实。

由于鄂尔多斯古陆以南的海底地貌特点,造成了这样的沉积模式(图15):大陆架坡度平缓,形成典型的碳酸盐岩台地,大陆架与海盆地之间为坡度较大的塌积边缘,形成以环大陆架角砾岩为特征的堆积。

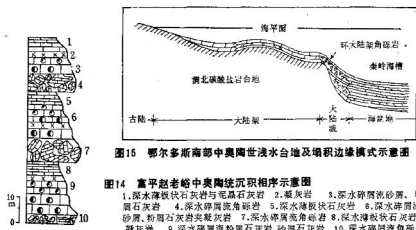


图15 鄂尔多斯南部中奥陶世浅水台地及塌积边缘模式示意图

图14 富平赵老峪中奥陶统沉积相序示意图

1.深水薄板状石灰岩与泥晶石灰岩 2.凝灰岩 3.深水碎屑流砂岩、粉屑石灰岩 4.深水碎屑流角砾岩 5.深水薄板状石灰岩 6.深水碎屑流砂岩、粉屑石灰岩夹微灰岩 7.深水碎屑流角砾岩 8.深水薄板状石灰岩、凝灰岩 9.深水碎屑流粉屑石灰岩、砂屑石灰岩 10.深水碎屑流角砾岩

综上所述,根据各种单因素在平面上的展布规律,沉积相组合特征及古生物群地理分区,鄂尔多斯地区中奥陶统可分为祁连海盆、秦岭海槽和渭北碳酸盐岩台地两大相区。后者又可分为滩后泻湖、浅滩及滩前开阔海三个亚相区(图16)。表1简要地列举了各相区、亚相区的沉积特征及古生物特征。

表1 各相带单因素相标志特征

相区	亚相区	砂屑岩比(%)			骨屑岩比(%)		还原色岩比(%)	灰泥岩比(%)	生物群及保存
		>60	25—60	10—25	>20	5—20			
碳酸盐岩台地	滩后泻湖	5	5	5	0	0	<60	>75	腹足类、介形类,完整
	浅滩	<15	<30	<15	<10	<30	40—80	25—75	珊瑚、腕足类、三叶虫、头足类,破碎
	滩前开阔海	低	高	低	低	高	高	高	钙藻、少量头足类,完整
海盆、海槽		砂、页岩,边缘分布页岩			广海生物为主		高	高	笔石、三叶虫,保存完整

二、从沉积特征谈油气勘探方向

鄂尔多斯中奥陶世古地理格架限制了原生气藏的勘探方向。呈“L”形环绕古陆的祁连海盆与秦岭海槽,沉积物以暗色页岩、薄层泥晶石灰岩及砂岩为主,水体深而静,处于氧化界面之下,生物丰富,且在还原环境中有机质得以保存,为有利的生油古海

参 考 文 献

- [1] 盛莘夫, 1974, 中国奥陶系划分和对比, 地质出版社。
[2] 汪啸风, 1980, 中国的奥陶系, 地质学报, 第54卷, 第1期。
[3] 王尚斌, 刘本培, 1980, 地史学教程, 地质出版社。
[4] 冯增昭, 1980, 碳酸盐岩沉积环境及岩相古地理研究, 石油实验地质, 第3期。
[5] Mcllreath, I.A., 1978, Carbonate slope, *Geoscience Canada*, Vol.5, No.4.

PALEOGEOGRAPHIC FEATURES OF MIDDLE
ORDOVICIAN SEDIMENTS ON ORDOS
CONTINENTAL SHELF

Zhang Jisen Fei Anqi Wang Zhihui

(*Research Institute of Petroleum Exploration and
Development of Changqing Oil Field*)

Abstract

Middle Ordovician sediments locally occurred at the western and southern margins of Ordos platform and are represented by sand-shale facies and carbonates respectively. They are formed in Qilian-Qinling marine trough and Wei-bei carbonate platform in line with comprehensive analysis of simple-factor based diagrams, facies sequence and characters of paleobiota of individual stratigraphical column. Weibei carbonate platform has correspondingly been subdivided into backbeach lagoonal zone, shallow-water beach zone and forebeach seaward-sloping zone.

The Middle Ordovician of Ordos is characterized by circumcontinental or circum-shelf sediments evidenced by existence of gravity-flow breccias. Fragments of these breccias are quite randomly arranged and changed greatly in lateral direction. Composition of these breccias comprises both psammitic limestones, algae limestones and others from shallow-water platform and thinly layered micrites, shaly limestone or graptolitic shales from deep-water areas. The roundness of the former is clearly better, whereas the later are of angular shapes and has a larger diameter, few of them up to one meter. Crumpled and mullion structures usually could be found in larger deep-water fragments, indicating current accumulation along steeper submarine relief. This feature is an important diagnostic evidence for stacking sedimentation.