

内蒙古桌子山中奥陶统拉什仲组 岩石特征及沉积环境

肖彬,何幼斌,罗进雄,苑伯超

长江大学地球科学学院,武汉 430100

摘要 内蒙古桌子山中奥陶统拉什仲组主要为一套灰黑色页岩、灰绿色砂岩、粉砂岩及褐灰色砾岩,可分为3个岩性段。通过对岩性、沉积构造、古生物及地球化学等资料的分析,认为拉什仲组沉积环境主要为大陆斜坡至盆地边缘。拉什仲组的沉积相主要为斜坡相及盆地边缘相,并进一步可划分为斜坡上部和斜坡下部2个亚相,近端水道沉积、远端水道沉积及天然堤沉积3个微相。整体上,拉什仲组岩性剖面构成了一完整的海进—海退沉积旋回。

关键词 岩石特征;沉积环境;深水沉积;拉什仲组;中奥陶统

中图分类号 P531

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.34.008

Petrological Characteristics and Sedimentary Environment of the Middle Ordovician Lashizhong Formation at Zhuozishan Area, Inner Mongolia Autonomous Region

XIAO Bin, HE Youbin, LUO Jinxiong, YUAN Bochao

School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, China

Abstract The middle Ordovician Lashizhong Formation in Zhuozishan area contains mainly dark-gray shale, grayish-green sandstone, siltstone and taupe-gray conglomerate, which could be divided into three members. Based on an analysis of the lithologic character, sedimentary structure, palaeobiologic fossils and geochemical indicators, it is believed that the sedimentary environment of Lashizhong Formation is a deep-water slope to basin margin environment. The results of sedimentary facies analysis show that the slope facies and basin margin facies are main depositional facies in the study area, which can be further divided into two subfacies: the upper slope and lower of slope sediments, and three microfacies: proximal channel, distal channel and levee sediments. The litho-section on the whole covers a complete sedimentation cycle of marine transgression and marine ingression.

Keywords petrological characteristics; sedimentary environment; deep-water sediments; Lashizhong Formation; middle Ordovician

0 引言

研究剖面位于内蒙古乌海市海南区,地理位置 $39^{\circ}25.5'N$, $106^{\circ}53.1'E$,是鄂尔多斯盆地西北部奥陶系典型剖面^[1]。20世纪,许多学者对桌子山剖面奥陶系进行过系统的研究^[2-5],为该剖面研究奠定了坚实的生物地层学基础。

相对于生物地层学而言,该研究区在沉积学研究方面相对滞后,并且在认识上还存在较大的分歧。例如,张文华等^[6]认为,拉什仲组下部为大陆斜坡相沉积,而中上部为浅海陆棚相沉积;费安玮^[7]认为拉什仲组为典型的浊流相沉积,并以远源浊流沉积为主;晋慧娟等^[8]称之为“特殊”浊积岩系,认为其形成于坡度不大、海水深度在浪基面以下200m左右、含氧

量较充足的深水浊流盆地;丁海军等^[9]在拉什仲组识别出碎屑岩等深岩体,并认为拉什仲组不存在鲍马序列。鉴于众多学者对于拉什仲组研究尚存在一定的分歧,笔者以野外实测剖面及系统的采样分析为基础,从岩性特征、沉积构造、微量元素地球化学等方面对拉什仲组的沉积特征和沉积环境进行分析,为进一步认识研究区中奥陶世沉积演化提供依据。

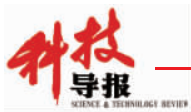
1 区域地质背景

在大地构造位置上,桌子山剖面位于鄂尔多斯盆地西缘贺兰构造带北部地区(图1^[9])。该构造带北起内蒙古境内的乌达、桌子山区,向南经宁夏境内的贺兰山、银川地堑以及东侧

收稿日期:2013-08-09;修回日期:2013-10-21

基金项目:国家自然科学基金项目(41072086);高等学校博士学科点专项科研基金项目(20104220110002)

作者简介:肖彬,博士研究生,研究方向为沉积学,电子邮箱:xiaboin19@126.com



的鄂尔多斯盆地西缘逆冲断裂带延至河西走廊,北窄南宽,总体呈一楔形体从北祁连地槽褶皱带向北插入阿拉善地块与鄂尔多斯地块之间^[10],主要活动期为寒武—奥陶纪。



图1 鄂尔多斯盆地西缘构造略图(据刘和甫等修改)

Fig. 1 Tectonic sketch map of the western margin of Ordos Basin (modified from Liu et al)

关于拉什仲组的研究最早可追溯到1955年^[11],原名拉什仲绿色岩系,系关士聪、车树证创建于乌海市的拉什仲,时代定位中奥陶世。1959年,穆恩之等修订为拉什仲组。1977年,陈均远、周志毅等根据笔石和头足类的分带性在原拉什仲之上又建立了公乌素组和蛇山组。对于拉什仲组的具体地质时代归属,目前较为广泛认同的观点是将其置于中奥陶世^[6,12,13]。

研究区拉什仲组与下伏乌拉力克组为整合接触,实测剖面厚度为127.42m,据岩性类型及组合特征自下而上划分为3段(图2)。第1段(1~24层):下部(1层)为灰黑色钙质页岩与灰绿色泥质、钙质粉砂岩薄互层,中部(2~6层)为灰黑色钙质页岩夹褐灰色、灰绿色中厚层粉—细粒长石岩屑质石英砂岩、砾岩,上部(7~24层)为灰绿色中厚层粉—细粒长石岩屑质石英砂岩、杂砂岩夹灰黑色页岩;第2段(25层):岩性为灰黑色钙质页岩,夹少量灰绿色薄—中层粉砂岩;第3段(26~34层):岩性为灰绿色薄—厚层粉—细粒长石岩屑质石英砂岩、粉砂岩与灰黑色钙质页岩不等厚互层。岩性在横向上变化不大,厚度由北向南有增加的趋势。

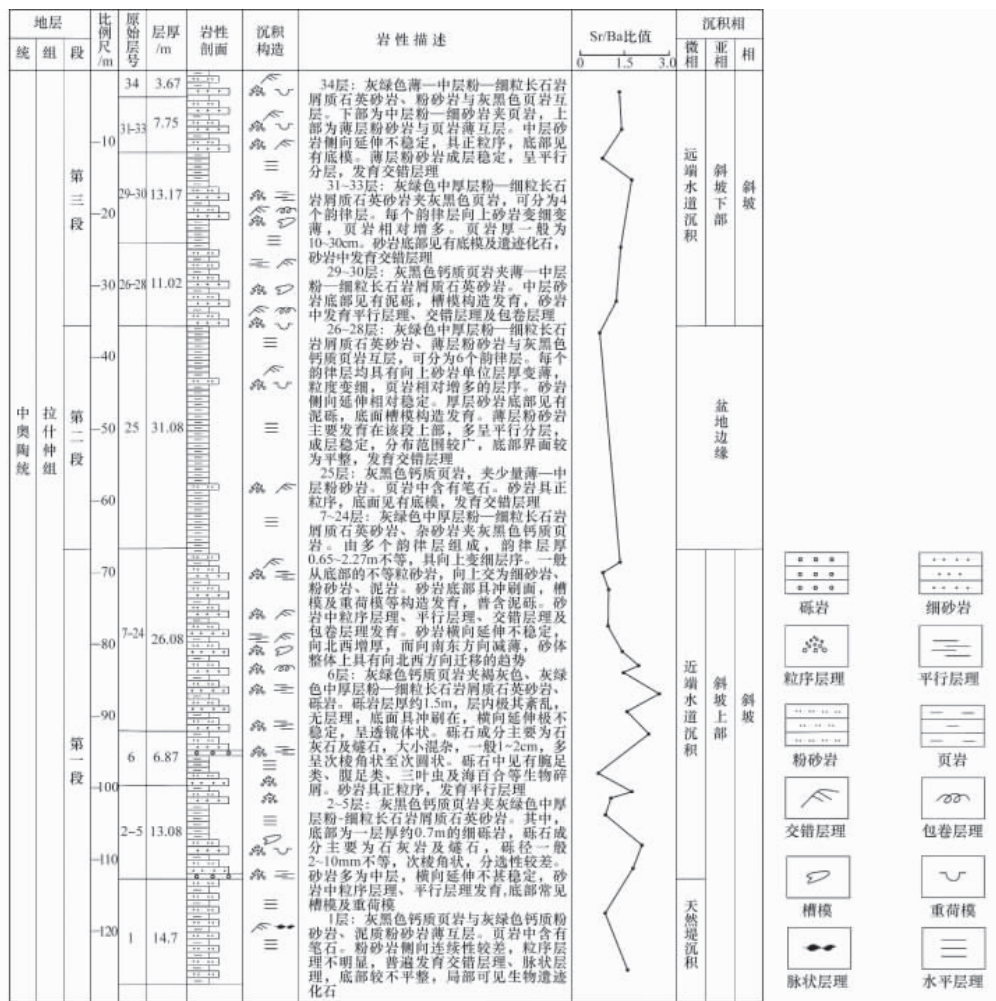


图2 桌子山地区中奥陶统拉什仲组岩石特征及沉积环境分析柱状图

Fig. 2 Column of petrological characteristics and sedimentary environment analysis of the Middle Ordovician Lashizhong Formation at Zhuozishan area

2 岩石类型及特征

研究区拉什仲组岩石类型较为简单,野外实测剖面和室内镜下岩石薄片观察表明其岩石类型主要为泥(页)岩,次为砂岩、粉砂岩,并含有少量砾岩(表1)。

表1 内蒙古桌子山拉什仲组主要岩石类型

Table 1 Main rock types of Lashizhong Formation in Zhuozishan area

岩石类型	主要发育层位
砾岩	第1段中部
砂岩	长石岩屑质石英砂岩 杂砂岩
粉砂岩	钙质粉砂岩 泥质粉砂岩
泥(页)岩	第1段中下部及第2段

2.1 砾岩

砾岩主要分布在拉什仲组第一段的中部,为褐灰色,主

要由泥、粉砂、砂、生物碎屑及砾石混合堆积形成(图3(a))。岩层单层厚度一般为0.2~1.5m,横向延伸极不稳定,呈透镜体状。砾岩层底面不规则,层内极其紊乱,杂基支撑,可见较大的砾石“漂浮”在砂质基质当中,分选较差,无粒序层理。砾石成分主要为含生屑泥晶灰岩及燧石,含量约占岩石的35%~65%,大小混杂,大者可达数cm,小者仅2~5mm,多呈次棱角状至次圆状。从上述特征可以看出,这种砾岩为典型的碎屑流沉积。

2.2 砂岩

砂岩在研究区分布较为广泛,主要集中在拉什仲组的第1段上部及第3段,岩石类型主要为长石岩屑质石英砂岩、杂砂岩。该类岩石颜色主要为灰绿色,多为中—厚层细粒砂岩(图3(b))。单层砂岩厚度一般40~80cm,侧向延伸较不稳定,砂岩与页岩厚度比一般大于5:1,具有较高的砂泥比。砂岩中常可见平行层理、粒序层理等沉积构造,常与上覆页岩构成AE、ABE等似鲍马序列组合。砂岩底部常见有砾石及泥岩撕裂屑,发育冲刷面和各种印模构造(图3(c)、(d))。



(a) 褐灰色砾岩,杂基支撑,无粒序层理,第6层

(a) Brown-gray matrix supported conglomerate without graded bedding, sixth layer



(b) 中—厚层砂岩夹页岩,具较高的砂泥比,第16层

(b) Medium to thick bedded sandstone with shale with high sand and mud ratios, sixteenth layer



(c) 中层砂岩底部起伏不平,具冲刷面,第26层

(c) An erosion surface presents at the bottom of medium bedded sandstone, twenty-sixth layer



(d) 厚层砂岩底部槽模,箭头指示古水流方向,第17层

(d) Flute cast presents at the bottom of sandstone, arrow indicates the paleocurrent direction, seventeenth layer



(e) 与砂岩伴生粉砂岩中发育交错层理,第17层

(e) Siltstone associated with sandstone develops cross bedding, seventeenth layer

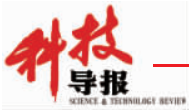


(f) 平面上 *Palaeophycus tubularis*. 产于拉什仲组中上部薄层粉砂岩中,第24层

(f) *Palaeophycus tubularis*. develops on the bedding plane of siltstone at the mid-upper of Lashizhong Formation, twenty-fourth layer

图3 桌子山地区拉什仲组野外照片

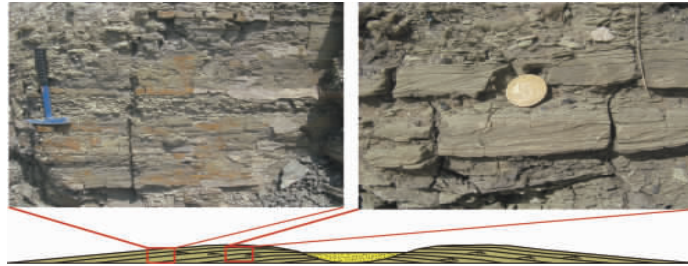
Fig. 3 Field photographs of Lashizhong Formation in Zhuozishan area



2.3 粉砂岩

粉砂岩在拉什仲组发育相对较少,颜色为灰绿色,主要发育在拉什仲组第1段及第3段。按其成因不同可分为3种类型:第1种主要发育在第1段下部,一般厚2~5cm,交错层理、波状层理等沉积构造较发育,对下伏页岩有微弱的侵蚀作用,侧向延伸不稳定,可能为水道溢流而形成的天然堤沉

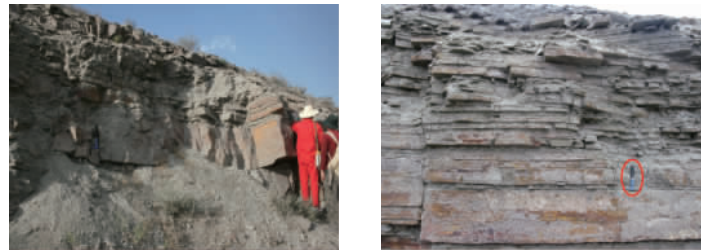
积(图4(a));第2种主要发育在第3段中厚层细砂岩之上,一般厚5~10cm,底面平整,呈平行分层,分布范围广,推测为远源浊流所形成(图4(d));第3种多与砂岩伴生出现,构成向上变细层序,发育交错层理、包卷层理等沉积构造(图3(e)),主要发育在第1段上部及第3段。其中,前两种薄层粉砂岩底面常可见生物遗迹化石(图3(f))。



(a) 灰黑色钙质页岩与灰绿色泥质、钙质粉砂岩薄互层,侧向变化较大,粉砂岩中交错层理、波状层理发育,为天然堤沉积,第1层
(a) Alternating thin dark-gray calcareous shale and grayish-green muddy and calcareous siltstone, change quickly on laterally, siltstone develops cross bedding and ripple bedding, interpreted as levee sediments, first layer



(b) 第1段中上部宏观照片,往上砂岩增厚增多,水道砂体发育
(b) Photomicrograph of the middle-upper member 1, sandstones with increasing and thickening upwards, channel sand body developed



(c) 第3段第1个旋回顶部薄层砂岩、页岩互层,呈平行层,横向延伸稳定
(c) Alternating thin sand and mudstone layers at the top of first cycle of member 3
(d) 第3段第2个旋回顶部薄层砂岩、页岩互层
(d) Alternating thin sand and mudstone layers at the top of second cycle of member 3

图4 桌子山地区拉什仲组野外照片及解释

Fig. 4 Outcrop photographs and interpretations of Lashizhong Formation at Zhuozishan area

2.4 泥(页)岩

泥(页)岩在拉什仲组分布较为广泛,主要分布于第1段中下部及第2段,颜色主要为深灰色至灰黑色,露头经风化呈现出灰绿色,因此最初这套地层被命名为“拉什仲绿色岩系”^[2]。页岩富含钙质,水平层理发育,含丰富的叉笔石及双笔石类化石。

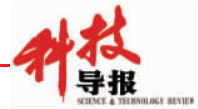
色,水平层理发育,含有丰富的叉笔石及双笔石类化石,构成 *Nemagraptus gracilis* 笔石带的 *Climacograptus bicornis* 亚带^[5],指示水体较深、沉积水动力条件弱的环境。

3 沉积环境分析

3.1 岩性标志和古生物标志

页岩是拉什仲组最主要的岩石类型,颜色主要为灰黑

砂岩中常见平行层理、粒序层理等沉积构造,底部常见冲刷面及槽模。一般认为,鲍马序列底部的正粒序指示了浊流沉积,是牛顿流变和紊流搬运和沉积的结果^[14-15]。薄层粉砂岩的底部常发育生物遗迹化石,这些遗迹化石组合相当于 *Nereites* 遗迹相^[5],该相以觅食迹和牧食迹遗迹化石为主,是公认的主要发育于浊流所能到达的半深海—深海地



区的遗迹化石组合^[16]。在大套深水沉积的页岩中出现上述特征的砂岩及粉砂岩,也进一步说明其应该为浊流沉积的产物。

野外共采集了5组41个古水流数据,其中来自交错层理的数据28个,其余数据均来自槽模。经吴氏网校正后,古水流方向为自东向西,与该时期大陆斜坡方向基本

一致^[17]。综上所述,拉什仲组沉积环境可能为大陆斜坡—盆地边缘。

3.2 地球化学标志

本次共选取了25个样品进行测试分析,岩性主要为砂岩、粉砂岩及泥(页)岩。样品测试工作由核工业北京地质研究院完成,测试结果详见表2。

表2 桌子山拉什仲组元素分析数据

Table 2 Data of X-ray fluorescence analyzer of Lashizhong Formation in Zhuozishan area

样号	岩性	Sr/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Ba/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	V/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Ni/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Sr/Ba	V/(V+Ni)
拉-O ₂ l-1-1	粉砂质泥岩	296	193	68.9	28.4	1.53	0.71
拉-O ₂ l-1-2	页岩	227	271	107	33.6	0.84	0.76
拉-O ₂ l-3-2	细砂岩	280	158	35.3	17.3	1.77	0.67
拉-O ₂ l-3-6	粉砂质泥岩	336	157	40.1	20.2	2.14	0.67
拉-O ₂ l-4-1	页岩	229	278	105	34.5	0.82	0.75
拉-O ₂ l-5-1	粉砂质泥岩	241	230	68.1	29.2	1.05	0.70
拉-O ₂ l-6-2	中砂岩	264	156	28.0	18.8	1.69	0.60
拉-O ₂ l-6-5	页岩	180	294	113	35.9	0.61	0.76
拉-O ₂ l-7-1	中砂岩	255	111	19.0	13.5	2.30	0.58
拉-O ₂ l-9-1	中砂岩	158	96.2	19.8	19.4	1.64	0.51
拉-O ₂ l-11-1	细砂岩	311	115	21.0	13.0	2.70	0.62
拉-O ₂ l-13-1	细砂岩	207	141	21.0	12.7	1.47	0.62
拉-O ₂ l-14-1	细砂岩	234	115	22.7	14.3	2.03	0.61
拉-O ₂ l-16-1	细砂岩	183	132	26.9	19.0	1.39	0.59
拉-O ₂ l-18-1	细砂岩	210	198	49.7	23.1	1.06	0.68
拉-O ₂ l-21-1	粉砂岩	235	210	49.3	23.0	1.12	0.68
拉-O ₂ l-22-2	泥质粉砂岩	196	248	78.3	32.1	0.79	0.71
拉-O ₂ l-23-1	细砂岩	180	145	33.2	18.1	1.24	0.65
拉-O ₂ l-25-1	页岩	183	300	117	36.5	0.61	0.76
拉-O ₂ l-26-2	粉砂岩	218	177	36.0	20.0	1.23	0.64
拉-O ₂ l-28-1	粉砂岩	243	175	53.7	24.7	1.39	0.68
拉-O ₂ l-30-1	细砂岩	250	145	32.9	18.4	1.72	0.64
拉-O ₂ l-30-2	页岩	213	289	121	37.8	0.74	0.76
拉-O ₂ l-32-1	细砂岩	213	149	32.1	16.1	1.43	0.67
拉-O ₂ l-34-1	细砂岩	232	169	32.0	19.1	1.37	0.63

微量元素Sr含量、Sr/Ba比等指标可作为古盐度的良好判别指标,可作为判别沉积环境的依据。Sr相对Ba的迁移能力强,淡水和海水相混时,易形成BaSO₄沉淀。因此,一般淡水沉积中Sr/Ba<1,而在海水中沉积则大于1。但是对于海洋环境来说,从海岸到深海沉积物中的Ba含量因大量黏土吸附而增加,而Sr由于主要是通过生物途径的再沉积作用减弱,其含量变化不大或略有减小。因而,从海岸到深海中的Sr/Ba比值逐渐减小^[18]。从表2可以看出,拉什仲组岩石Sr/Ba比值在0.61~2.70,平均1.39,绝大多数的样品Sr/Ba比值均大于1,说明拉什仲组为海相沉积环境。其中5个页岩样品值为0.61~0.84,比值均小于1,且页岩中普遍含有发育深水环境中的笔石化石,说明拉什仲期水体较深。Sr/Ba比值反映在剖面上,整体上具有向上先减小后增大的趋势(图2),指示沉积环境水体向上可能先变深后变浅。

V/(V+Ni)可作为判断氧化—还原环境的指标。根据已有传统氧化还原环境判别标准,V/(V+Ni)<0.46为富氧环境,在0.46~0.6之间时为贫氧环境,而V/(V+Ni)>0.6时则为厌氧环境。拉什仲组25个样品的V/(V+Ni)为0.51~0.76,平均0.67,绝大多数样品的V/(V+Ni)>0.6。据此标准,研究区拉什仲组应该处于贫氧—厌氧环境。

4 沉积相垂向演化

从桌子山地区拉什仲组实测剖面(图2)看,拉什仲组第1段下部(1层)岩性为灰黑色钙质页岩与灰绿色泥质、钙质粉砂岩薄互层。砂泥厚度比为1:2~1:7,粉砂岩层厚较薄且不规则,一般厚2~5cm,横向连续性较差。粉砂岩粒序层理不明显,常可见平行层理、交错层理和波状层理等沉积构造,其底部较不平整,对下伏页岩具有微弱的侵蚀作用。该类岩相研究

多有报道^[19-21],多数观点认为是由携带沉积物的流体在水道内发生溢流而形成的天然堤沉积。区分天然堤沉积与远源浊流沉积主要依据如下:(1)天然堤沉积一般由中—高密度浊流在水道内溢流所形成,所以在流体能量上更强,造成平行层理、交错层理、爬升波痕交错层理等沉积构造出现更为频繁;(2)缺少发育较好的正粒序层理;(3)横向延伸没有远源浊流沉积稳定,从近端天然堤到远端天然堤岩层变薄,且泥质含量增加(图4(a))。这些特征表明,天然堤沉积比流体能量逐渐减弱的远源浊流沉积,在流体能量上具有更强的脉动性。

第1段中上部(2~24层)岩性为灰绿色中厚层粉—细粒长石岩屑质石英砂岩、灰黑色钙质页岩互层,夹有两层细—中砾岩,向上砂岩逐渐增多,页岩相对减少。砂岩单层厚0.4~1.3m,具正粒序,底面常见冲刷面,发育槽模、重荷模等构造,并见有AE、ABE等多种鲍马序列组合。中—厚层砂岩一般由多期水道叠置合并形成(图4(b)),单期水道砂体横向延伸不稳定,一般宽30~50m,往两侧砂体尖灭。整体上,该段沉积砂岩明显增多、粒度较粗,说明该段沉积时期浊流频发、离物源相对较近,反映为斜坡相沉积,可能位于斜坡上部,为近端水道沉积。

第2段(25层)岩性为灰黑色钙质页岩,夹少量薄—中层粉砂岩。砂岩粒度较细,发育粒序层理、交错层理,底面可见冲刷面和重荷模。页岩原生颜色为灰黑色,水平层理发育,说明是在深水安静环境下由悬浮物质降落而沉积形成,其间伴有少量的远源浊流沉积,整体上应为盆地边缘沉积。

第3段(26~34层)岩性为灰绿色薄—厚层粉—细粒长石岩屑质石英砂岩、粉砂岩与灰黑色钙质页岩不等厚互层。整体上可分为两个旋回,每个旋回下部为中—厚层粉—细砂岩,砂岩具正粒序,侧向延伸相对稳定,局部可见水道砂岩透镜体。每个旋回上部均发育一套粉砂岩、页岩薄互层沉积(图4(c)、(d)),粉砂岩厚度一般为10cm,多呈平行分层,且成层稳定,分布范围较广。推测这套粉砂岩、页岩薄互层可能位于水道末端,为水道限制性环境逐渐消失而形成的朵体。综合分析,认为该时期沉积应位于斜坡下部,此时离物源相对较远,为远源浊流沉积所形成的远端水道沉积。

整体上,拉什仲期经历了一次完整的由海进到海退沉积旋回过程。拉什仲组沉积早期到沉积中期,为水体逐渐加深的过程,至晚期可能水体开始变浅。

5 结论

(1)拉什仲实测剖面厚度为127.42m,岩石类型主要为泥(页)岩,其次为砂岩、粉砂岩,并含有少量砾岩。砂岩中常发育粒序层理、平行层理、槽模及重荷模等沉积构造,粉砂岩中常见包卷层理、交错层理及生物遗迹构造,页岩中常含有笔石。

(2)根据岩石类型、沉积构造、生物遗迹化石及地化指标

等综合判断,拉什仲组沉积环境应为大陆斜坡至盆地边缘。

(3)拉什仲组的沉积相主要为斜坡相及盆地边缘相,并进一步可划分为斜坡上部和斜坡下部2个亚相,近端水道沉积、远端水道沉积及天然堤沉积3个微相。纵向上,拉什仲组岩性剖面构成了一完整的海进—海退沉积旋回。

致谢 本文研究过程中,得到长江大学教授赖志云在室内工作方面、河南理工大学教授胡斌在生物遗迹化石方面给予诸多指导和帮助,谨致谢忱!

参考文献 (References)

- [1] 冯增昭, 鲍志东, 张永生, 等. 鄂尔多斯奥陶纪地层岩石岩相古地理 [M]. 北京: 地质出版社, 1998: 33-37.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Zhang Yongsheng, et al. Stratigraphy petrology lithofacies paleogeography of Ordovician in ordos [M]. Beijing: Geology Press, 1998: 33-37.
- [2] 关士聪, 车树政. 内蒙古伊克昭盟桌子山地区地层系统 [J]. 地质学报, 1955, 35(2): 95-108.
Guan Shicong, Che Shuzheng. Acta Geologica Sinica, 1955, 35(2): 95-108.
- [3] 张日东. 内蒙古伊克昭盟桌子山区域下奥陶纪的头足类化石 [J]. 古生物学报, 1959, 7(4): 259-271.
Zhang Ridong. Acta Palaeontologica Sinica, 1959, 7(4): 259-271.
- [4] 安太祥, 郑昭昌. 鄂尔多斯盆地周缘的牙形石 [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 12-132.
An Taiyang, Zheng Zhaochang. The conodonts of the marginal areas around the Ordos basin, north China [M]. Beijing: Science Press, 1990: 12-132.
- [5] 费安玮. 鄂尔多斯盆地拉什仲组遗迹化石组合与古环境 [J]. 高校地质学报, 2001, 7(3): 278-287.
Fei Anwei. Geological Journal of China Universities, 2001, 7(3): 278-287.
- [6] 张文华, 徐怀大, 王广昀, 等. 桌子山奥陶系沉积层序特征 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 1-9.
Zhang Wenhua, Xu Huaida, Wang Guangjun, et al. Characteristics of sedimentary sequences in Ordovician at Zhuozishan [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 1-9.
- [7] 晋慧娟, 孙明良, 李育慈. 内蒙古桌子山中奥陶统的“特殊”浊积岩系 [J]. 沉积学报, 2005, 23(1): 34-40.
Jin Huijuan, Sun Mingliang, Li Yuci. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(1): 34-40.
- [8] 丁海军, 徐焕华. 浊流与等深流的流态转化 [J]. 新疆石油地质, 2009, 30(1): 87-91.
Ding Haijun, Xu Huanhua. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(1): 87-91.
- [9] 刘和甫, 陆新文, 王玉新. 鄂尔多斯西缘冲断褶皱带形成与形变 [C]//杨俊杰, 赵重远, 刘和甫, 等. 鄂尔多斯盆地西缘掩冲带构造与油气. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990: 54-75.
Liu Hefu, Lu Xinwen, Wang Yuxin. Formation and deformation of fold-thrust belts in the west margin of Ordos block [C]//Yang Junjie, Zhao Chongyuan, Liu Hefu, et al. Structure and Hydrocarbon of the Over-thrust Belts in the Western Margin of Ordos Basin. Lanzhou: Gansu Science & Technology Press, 1990: 54-75.
- [10] 林畅松, 杨起, 李思田. 贺兰拗拉槽盆地充填演化分析 [M]. 北京: 地

- 质出版社, 1995: 1-13.
- Lin Changsong, Yang Qi, Li Sitian. Sedimentary filling evolution of the helan aulacogen, northwest China[M]. Beijing: Geology Press, 1995: 1-13.
- [11] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 166-167.
- Geology and Mineral Resources of Inner Mongolia Autonomous Region. Stratigraphy (lithostratic) of Inner Mongolia Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 166-167.
- [12] 孙肇才, 胡显穆. 鄂尔多斯盆地西南缘奥陶系的对比划分意见及其对中西部油气勘探的意义[J]. 海相油气地质, 2002, 7(4): 41-57.
- Sun Zhaocai, Hu Xianmu. Marine Origin Petroleum Geology, 2002, 7(4): 41-57.
- [13] 何自新. 鄂尔多斯盆地奥陶系储层图册 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 3-7.
- He Zixin. Atlas of Ordovician reservoirs in Ordos Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 3-7.
- [14] Shanmugam G. The Bouma sequence and the turbidite mind set [J]. Earth-Science Reviews, 1997, 42(4): 201-229.
- [15] Shanmugam G. 50 years of the turbidite paradigm (1950s-1990s): Deep-water processes and facies models—A critical perspective [J]. Marine and petroleum Geology, 2000, 17: 285-342.
- [16] 晋慧娟, 李育慈. 西秦岭北带泥盆纪 *Nereites* 遗迹相及其环境分析[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 15-22.
- Jin Huijuan, Li Yuci. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16(1): 15-22.
- [17] 高振中, 罗顺社, 何幼斌, 等. 鄂尔多斯地区西缘中奥陶世等深流沉积[J]. 沉积学报, 1995, 13(4): 16-36.
- Gao Zhenzhong, Luo Shunshu, He Youbin, et al. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(4): 16-36.
- [18] 陶树, 汤达祯, 周传祯, 等. 川东南—黔中及其周边地区下组合烃源岩元素地球化学特征及沉积环境意义 [J]. 中国地质, 2009, 36(2): 397-403.
- Tao Shu, Tang Dazhen, Zhou Chuanyi, et al. Geology in China, 2009, 36(2): 397-403.
- [19] Buhh C H L, Walker R G. Internal architecture and sedimentary evolution of coarse-grained, turbidite channel-levee complexes, early Eocene Regencia Canyon, Espirito Santo Basin, Brazil [J]. Sedimentology, 1997, 44(1): 17-46.
- [20] Hickson T H, Lowe D R. Facies architecture of a submarine fan channel-levee complex: The Juniper Ridge Conglomerate, Coalinga, California [J]. Sedimentology, 2002, 49(2): 335-362.
- [21] Beaubouef R T. Deep-water levee-channel complexes of the Cerro Toro Formation, upper Cretaceous, southern Chile [J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 2004, 88: 1471-1500.
- [22] Kane I A, Kneller B C, Dykstra M, et al. Anatomy of a submarine channel-levee: An example from Upper Cretaceous slope sediments, Rosario Formation, Baja California, Mexico [J]. Marine and Petroleum Geology, 2007, 24(6-9): 540-563.
- [23] Schwarz E, Amott R W C. Anatomy and evolution of a slope channel-levee complex set (Neoproterozoic Isaac Formation, Windemere Supergroup, southern Canadian Cordillera): Implications for reservoir characterization [J]. Journal of Sedimentary Research, 2007, 77: 89-109.

(责任编辑 吴晓丽)

· 学术动态 ·



中国科协与宁夏回族自治区签署

《落实全民科学素质行动计划纲要共建协议》

2013年11月13日,中国科协和宁夏回族自治区政府《落实全民科学素质行动计划纲要共建协议》签署仪式在宁夏银川市举行,中国科协常务副主席、党组书记、书记处第一书记申维辰和宁夏回族自治区主席刘慧签署了共建协议。自治区党委书记、人大常委会主任李建华,自治区党委副书记崔波出席签约仪式。

根据共建协议,中国科协与宁夏回族自治区政府将通过深入实施全民科学素质行动,扎实有效推动公民科学素质建设,以推动建立公民科学素质建设共建机制为抓手,进一步落实公民科学素质建设的目标责任,建立完善监测评估和支持制度,充分调动各地各部门实现公民科学素质建设目标的积极性、主动性和责任感,使宁夏到2015年实现本辖区公民具备基本科学素质的比例超过2.5%。

详见中国科协网 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35096/n10225918/15175802.html>。