

鄂尔多斯西缘奥陶纪海底扇沉积体系

高振中 罗顺社 何幼斌

(江汉石油学院地质系, 湖北荆沙 434102)

张吉森

(长庆石油勘探局勘探开发研究院, 甘肃庆阳 745101)

鄂尔多斯西缘中奥陶统重力流沉积可分为:(1)低密度浊流沉积,(2)高密度浊流沉积,(3)富基质碎屑流沉积和(4)贫基质碎屑流沉积四种类型。尤以陆源碎屑重力流,沉积厚度大、分布面积广,十分发育。依据古流向、重力流沉积类型、粒度、砂泥比、厚度及物源区等特征,由北向南识别出桌子山、贺兰山和同心三个海底扇。总面积达4.3万 km^2 ,厚度达3000 m。其中,贺兰山海底扇属高效能海底扇,以发育相对稳定的中扇水道沉积组合为特征;桌子山和同心海底扇为低效能海底扇,分别发育易迁移的网状水道系统组成的中扇和以具向上变薄变细层系的中扇水道沉积为特征。它们具有良好的生储盖组合条件,是有利的油气远景区。

关键词 重力流沉积 陆源碎屑 海底扇 沉积体系 中奥陶统 鄂尔多斯西缘

第一作者简介 高振中 男 58岁 教授 沉积学

1 地质背景

研究区范围北起内蒙桌子山,向南经贺兰山、牛首山、天景山、大罗山、小罗山、环县、平凉至陇县一带。奥陶系下统和中统发育较齐全,而上统大多缺失。其中下奥陶统主要为浅水台地沉积,中奥陶统则以深水沉积为主,包括深水原地沉积、重力流沉积和等深流沉积等。早奥陶世早、中期,大部分为开阔台地环境,古地理分异不明显;从末期开始,古地理格局逐渐发生变化,至中奥陶世,古地理分异明显,自东而西分别发育着鄂尔多斯古陆、碳酸盐台地、碳酸盐斜坡、深水盆地、阿拉善古陆和西华山古陆(图1)。本区重力流沉积总厚度近3000 m,主要分布于斜坡带至深水盆地,垂向上主要分布于中奥陶统的乌拉力克组、拉升仲组、蛇山组和下统顶部的克里摩里组。

2 深水沉积类型

主要见于中奥陶统,可划分出深水原地沉积、滑动与滑塌沉积、重力流沉积和等深流沉积4大类。其中重力流沉积十分发育,特别是浊流沉积和碎屑流沉积,是本文讨论的重点。

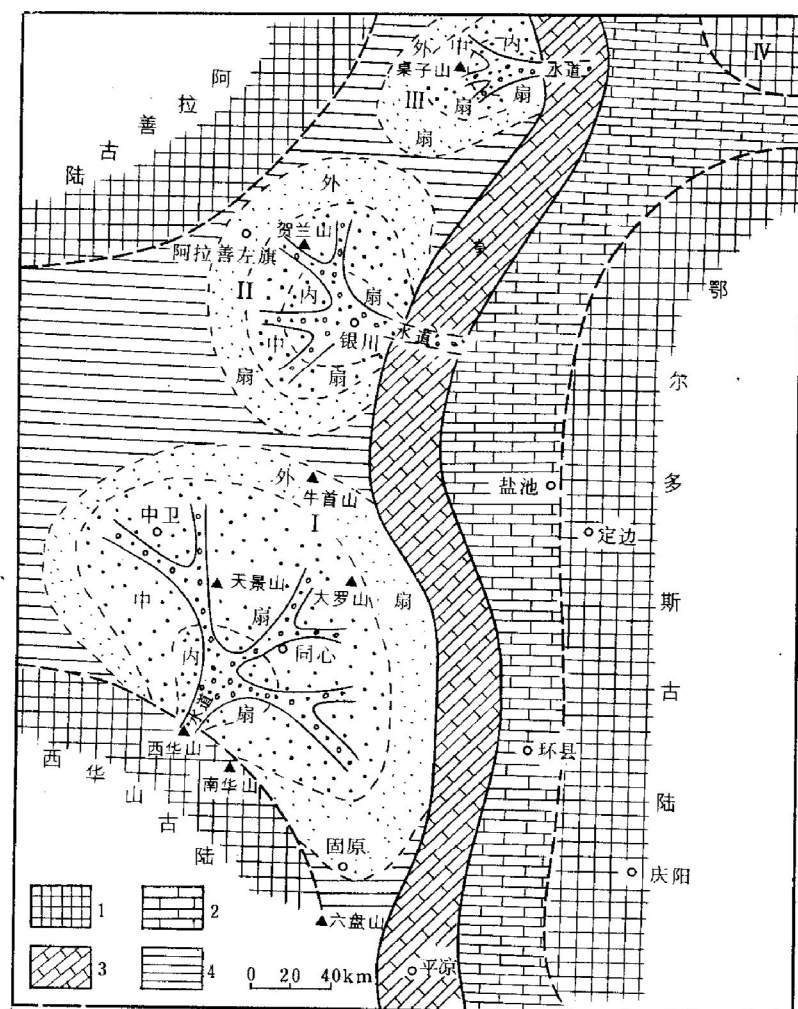


图1 中奥陶世岩相古地理图

1—古陆, 2—碳酸盐台地, 3—碳酸盐斜坡, 4—扇边缘及盆地,

I—同心海底扇, II—贺兰山海底扇, III—桌子山海底扇,

IV—乌兰格爾古陆

陆源碎屑型主要由薄-中层泥质粉砂岩、细砂岩构成。多为长石石英杂砂岩, 分选及磨圆中等, 杂基含量高。单层厚1~30 cm, 底面平整, 较厚的砂岩底面槽模构造发育。砂岩具正粒序, 底部与中下部常含来自下伏层的棱角状、片状泥页岩的撕裂砾石, 与上覆泥岩一起构成典型的鲍马层序, 除偶见完整的层序外, 常见 abce、bce、cde 和 ce 等不完整的组合 (图版 I-3)。

碳酸盐岩型主要由含粉屑、砂屑泥晶灰岩、泥晶粉屑砂屑灰岩和泥晶粉屑藻屑灰岩组成, 单层厚数毫米至30cm不等, 颗粒组分包括粉屑、砂屑、生物屑及少量陆源石英等。生物屑主要是孔层藻、葛万藻、三叶虫、海百合、腕足类和介形虫等。颗粒分选中等至差, 颗粒间原始充填物为泥晶基质。垂向上除偶见完整的鲍马层序外, 常见 abce、bce、be 和 ce 等不完整的层序。

2.2.2 高密度浊流沉积

高密度浊流沉积粒度粗, 单层厚度大, 沉积构造规模大, 特征明显。可分为陆源碎屑型、碳酸盐岩型和混合型。

2.1 深水原地沉积

主要为泥岩、页岩、薄层泥晶灰岩和硅岩等。泥岩和页岩以灰黑色和灰绿色为主, 有时含硅质, 主要含笔石及小型介壳生物化石, 其它生物少见。薄层泥晶灰岩中含较多的钙球、海绵骨针 (图版 I-1), 以及少量笔石和星散状黄铁矿。硅岩呈夹层或薄层出现, 纹层构造发育, 含硅质放射虫 (图版 I-2)。

2.2 浊流沉积

主要是陆源碎屑浊流沉积, 多呈薄-厚层状, 底部具突变侵蚀面, 发育不同规模的槽模、重荷模和沟模。具正粒序或“粗尾递变”, 有完整或不完整的鲍马层序, 与深水成因的笔石页岩、泥岩或薄层泥晶灰岩呈不等厚互层。依据层序、粒度、层理类型、层序厚度和底面构造等特点, 分为高密度浊流和低密度浊流沉积^[1,2]。

2.2.1 低密度浊流沉积

以陆源碎屑型最为发育, 碳酸盐型仅见于桌子山和平凉剖面。

陆源碎屑型在桌子山、贺兰山、牛首山、大罗山和小罗山等地均有分布。主要由细-粗砂岩组成,单层厚0.5~2.5 m不等,多为1 m左右,具明显的正递变或“粗尾递变”,粒序层理、平行层理和大型交错层理规律性地出现构成似鲍马层序abce、abe和ae等,其中a段非常发育,常占层序厚度的80%以上,其它各段厚度较小。砂岩中下部含丰富的下伏泥岩、页岩的撕裂砾石,底部具截切面,底面构造非常发育,多为槽模和重荷模。槽模宽1~3cm,长2~5cm(图版I-4,5);c段为大型槽状、板状交错层理或者多层系的沙纹层理(图版I-7)。这类沉积主要发育在海底扇水道内,故砂砾岩在横向厚度变化大,呈透镜状分布。

碳酸盐岩型数量较少,主要见于桌子山的拉什仲组和蛇山组,由厚层-块状砂砾屑灰岩组成,单层厚0.5~1 m,具正粒序或粗尾正粒序、平行层理和大型交错层理,构成ae和abce等似鲍马层序(图版I-8)。

混合型仅见于贺兰山西侧胡吉台,为厚约1m的含砾砂屑钙质砂岩,发育abc似鲍马层序(图版I-6)。

2.3 碎屑流沉积

该类沉积是本区仅次于浊流沉积的一种重力流类型,均为碳酸盐岩型。多由砾级碎屑构成,通常呈块状、无分选、无粒序,但有时顶部可呈正粒序,既可以为水道的充填体,也可以呈席状产出。根据细粒基质的含量可分为富基质的和贫基质的两大类。

富基质碎屑流沉积仅见于桌子山下奥陶统克里摩里组第二段,为块状、无分选、无粒序特征的泥晶砾屑灰岩,厚30~40 cm。砾屑为纹层状泥晶灰岩,大多呈板条状,长轴1~3cm,最长达7cm,短轴1cm左右,棱角明显,大小混杂,无粒序特征,较大的砾屑呈“漂浮”状分布于层的顶部。砾屑含量约40%。砾屑间由砂屑、钙球、生物屑及灰泥充填,生物屑包括海百合、海绵骨针和藻屑等,基质约占60%。

贫基质碎屑流沉积在本区十分发育,主要特征是基质含量低,是颗粒支撑结构。在本区主要有砾屑灰岩和角砾状灰岩两种类型,其中砾屑灰岩最为发育。

3 海底扇沉积体系

3.1 海底扇的划分

本区重力流沉积为典型的海底扇沉积层序^[1~5],常见水道化砂体及向上变薄变细的水道沉积层序(图版I-9,图2)。

3.1.1 古流向

通过对全区每条剖面浊积岩底面槽模、沟模、C段沙纹层理和交错层理细层倾向,以及少数砾屑灰岩中叠瓦状构造的实际测量,并经吴氏网校正,获得交错层玫瑰花图(图3)。从图可见,古流向各地差异较大,桌子山一带以南西方向为主,贺兰山、胡吉台一带以北西方向居多,而香山、牛首山、大罗山、小罗山和石板沟一带的古流向呈较为典型的扇状分布,分别指向北西、北东及近正东方向。这些特征反映了物源区及海底扇的展布方向。

3.1.2 沉积特征变化趋势

本区重力流沉积的分布规律清楚地表明,南部和北部在重力流沉积类型、沉积物粒度、砂

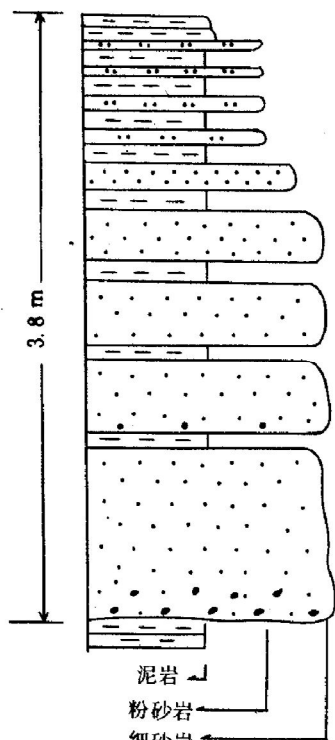


图2 水道充填层序

泥比和砂体形态等方面截然不同。北部桌子山和贺兰山地区, 总体上自东向西浊积砂岩具有单层厚度变薄、粒度变细、砂泥比减小, 砂体形态从明显的透镜状过渡为横向延伸较远的透镜体或席状沉积体; 而南部则大致以同心县为中心, 向东、北东、北及北西方向具有上述变化规律。这些特征所反映的物源供给方向与指向构造恢复的古流向基本一致。

3.1.3 厚度特征

从中奥陶统有两个厚度最大的地区, 一是同心县南侧, 一是贺兰山东侧, 其最大厚度接近 3000 m (图 4)。这两个厚度集中带均与大型海底扇沉积有关。区域厚度变化趋势均为向斜坡上方, 即朝物源方向厚度变化梯度大, 朝深海盆地展布方向厚度变化梯度小, 这与通常海底扇沉积的厚度变化趋势是一致的。

3.1.4 物源区

本区存在三个物源区, 即乌兰格尔古陆物源区、贺兰山东侧物源区及西华山、南华山物源区, 分别构成不同海底扇的物质供给区。

3.2 桌子山海底扇

海底扇展布面积约 2400 km², 属典型的低效能海底扇类型, 以发育易迁移的网状水道系统组成的中扇亚相为特征^[6], 内扇及外扇沉积不发育。

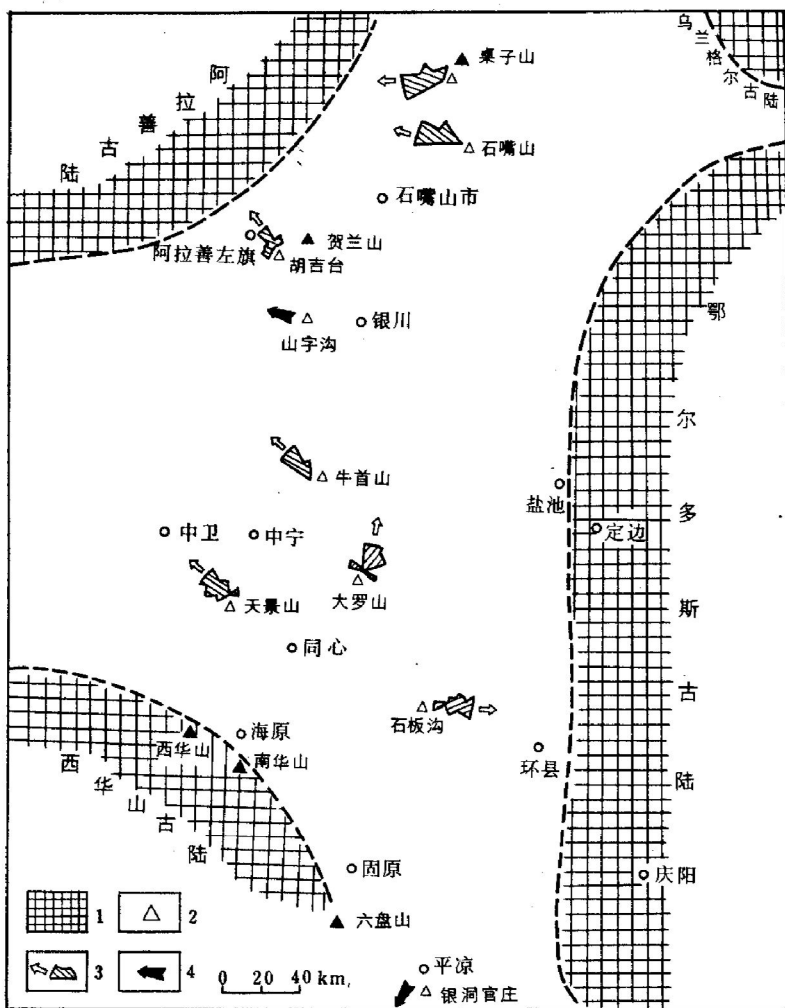


图3 交错层玫瑰花及古流向图

1—剥蚀区 (古陆), 2—剖面位置, 3—玫瑰花图及古流向优选方向,
4—重力流流向

内扇沉积在桌子山剖面未曾见及,根据古流向及海底扇的展布推测,应位于桌子山剖面靠东北一侧,这有待于进一步证实。

中扇沉积层序厚约100m,由褐灰色薄层-块状中、细砂岩、含砾砂岩、粉砂岩及泥岩等组成频繁的韵律互层。整个层序纵向上具向上砂岩单层变薄、粒度相对变细、泥质增多的趋势,其内部又由若干个次一级典型的向上变薄变细层序构成。这种次一级层序包括三种类型:(1)高密度浊流沉积的厚层-块状含砾砂岩和中-细粒砂岩夹薄层泥岩组成的向上变细变薄层序;(2)高密度浊流与低密度浊流沉积的块状-厚层-中层-薄层状砂岩、粉砂岩与泥岩的不等厚互层,构成的非常典型的向上变薄变细层序;(3)低密度浊流沉积的薄层粉砂岩和泥质粉砂岩的互层,构成的向上略具变薄变细的层序。前二者为中扇水道迁移形成的,后者可能为水道间的沉积。

外扇沉积厚约60m,为灰绿色

钙质泥岩与薄-中层粉砂岩和细砂岩不等厚互层,构成总体上向上变粗变厚的层序。砂岩均为低密度浊流沉积。

海底扇边缘向盆地方向为盆地边缘相,位于外扇沉积之下,厚约20余米,为低密度浊流沉积的灰-深灰色薄-中层泥晶粉屑砂屑灰岩、泥晶藻屑灰岩与原地深水沉积的黑色笔石页岩不等厚互层夹硅质薄层,为海底扇的伴生相。

3.3 贺兰山海底扇

贺兰山海底扇属高效能的海底扇,面积约13000km²,以发育相对稳定的中扇水道沉积组合为特征^[7]。

内扇沉积为贺兰山东侧山字沟一带的银川组沉积。由十几米到二十几米甚至更厚的砂岩或含砾砂岩组成,很少夹有页岩或板岩。砂岩段纵向上基本无变细变薄特点,单层厚数十厘米至2m,厚者达2.5m以上。以发育粒序段为特征,b、c段不甚发育,属高密度浊流沉积,应为内扇主扇谷下游的充填沉积,砂岩段间的页岩应属主扇谷外漫流沉积。

中扇沉积以具相对稳定发育天然堤的孤立水道沉积为特征^[7],包括水道充填沉积(图2)、

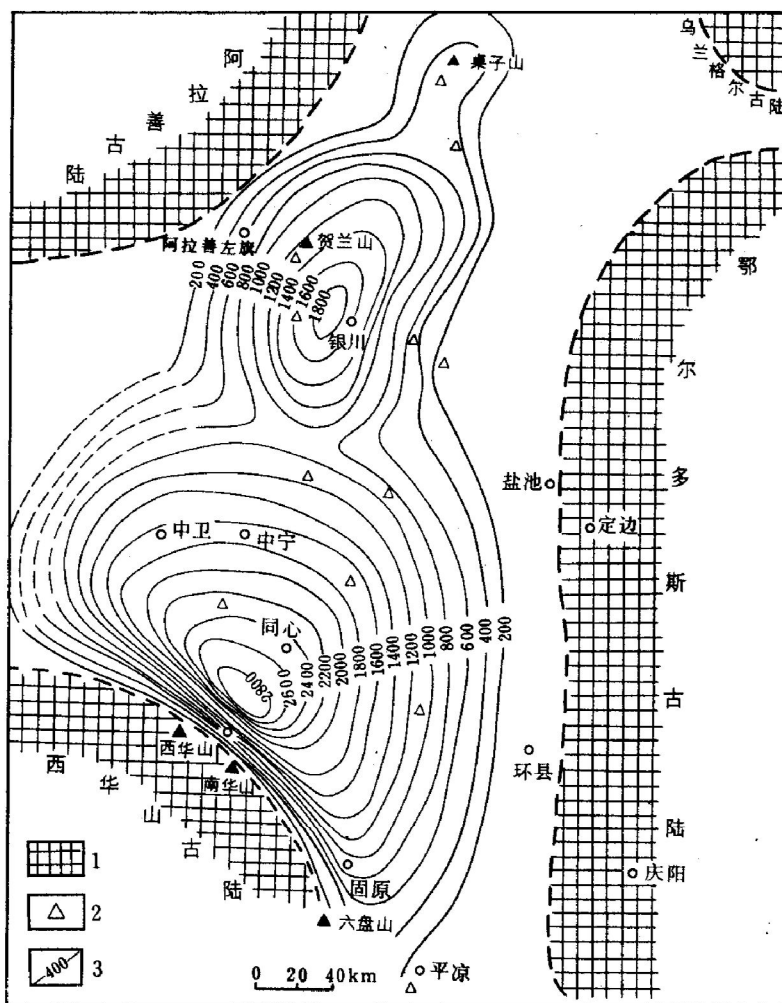


图4 中奥陶统厚度等值线图

1—剥蚀区, 2—剖面位置, 3—厚度等值线(m)

水下天然堤沉积和中扇水道间的漫流沉积三种层序。

外扇沉积包括两种叶状体沉积,即向上变粗变厚的层序和由细变粗再变细的层序。

扇边缘沉积以笔石页岩为主,夹低密度浊流沉积的粉砂岩和细砂岩。

3.4 同心海底扇

本区规模最大、分布最广的一个海底扇,面积达28000km²。与前两个海底扇不同,其物质供给方向不是自东而西,而是来自西南方向的西华山、南华山一带,古流向北西、北、北东、东甚至南东方向呈扇状展布。沉积特征显示其属低效能海底扇。

内扇沉积未直接观察到,根据扇体展布、古流向及物源区的位置推测,可能位于宁夏海原一带。

中扇沉积发育良好,为砂岩夹泥岩、页岩,砂质含量高,砂泥比约为5:1左右,以具向上变薄变细层序的中扇水道沉积为特征,底部为高密度浊流沉积的厚层-块状粗-细砂岩,向上变为低密度浊流沉积的中-厚层细砂岩和薄层-中层粉-细砂岩。

外扇沉积不甚发育,为页岩与薄-中层间夹厚层粉-细砂岩不等厚互层,构成向上变粗变厚层序,单个层序厚一般10~30cm,砂岩多为低密度浊流沉积。

扇边缘沉积为灰绿色钙质页岩夹低密度浊流沉积的薄层粉砂岩、细砂岩及少量泥岩和灰岩。

鄂尔多斯西缘奥陶纪海底扇沉积体系,具有良好的生储盖组合条件,是有利的含油气远景区。虽然贺兰山海底扇已抬升地表,然而同心海底扇仍有相当部分深埋地腹,特别是它的北东延伸部分。海底扇浊积砂岩向北东方向尖灭,而地层倾向总趋势为南西方向,可形成一系列上倾尖灭岩性油气藏。在该海底扇东部边缘所钻苦深1井中发现了累积厚112m的浊积砂岩,并于3923~3927m井段气测全烃含量为 $1764.9 \times 10^{-6} \sim 2278.6 \times 10^{-6}$,表明完全有可能找到理想的油气藏。桌子山海底扇的大部分也深埋地腹,其油气生储盖条件类似于同心海底扇,因此,也具有良好的油气勘探前景。

在野外和室内工作过程中,曾得到长庆石油勘探局及勘探开发研究院的领导、同仁以及宁夏地质矿产局地质研究所郑昭昌总工程师等的热情帮助和大力支持,在此一并致谢!

参 考 文 献

- 1 中国石油学会石油地质专业委员会编译. 国外浊积岩和扇三角洲研究. 北京:石油工业出版社,1986.
- 2 高振中,段太忠. 滇西北泥盆纪海槽中的陆源碎屑海底扇及坡脚碳酸盐异地沉积. 石油与天然气地质,1986,7(4): 308~323
- 3 高振中,段太忠. 湘西黔东南寒武纪深水碳酸盐重力沉积. 沉积学报,1985,3(3): 7~22
- 4 高振中,段太忠. 华南海相深水重力沉积模式. 沉积学报,1990,8(2): 9~21
- 5 Walker R G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps. *Bull. AAPG*, 1978, 62(6): 932~966
- 6 Ghibaudo G. Deep-sea fan deposits in the Macigno Formation (Mid-Upper Oligocene) of the Gordana Valley, northern Apennines, Italy. *J. Sed. Petrol.*, 1980, 50(3): 723~743
- 7 Normark W R. Fan valleys, channels and depositional lobes on modern submarine fans: characters for recognition of sandy turbidite environments. *Bull. AAPG*, 1978, 62(6): 912~931

ORDOVICIAN SUBMARINE FAN SYSTEMS IN WEST MARGIN OF ORDOS

Gao Zhenzhong Luo Shunshe He Youbin

(Department of Geology, Jiangnan Petroleum Institute, Jingsha, Hubei)

Zhang Jisen

(Exploration and Development Institute, Changqing Petroleum Exploration Bureau, Qingyang, Gansu)

Abstract

Various kinds of gravity flow sediments including terrigenous clastic gravity flow deposits and carbonate gravity flow deposits developed in the west margin of Ordos Basin from late Early to Middle Ordovician. The terrigenous clastic gravity flow deposits are more significant due to its great thickness and broad distribution extent. The gravity flow sediments could be classified into (1) low-density turbidity current deposit; (2) high-density turbidity current deposit; (3) matrix-rich debris flow deposit; (4) matrix-poor debris flow deposit. The first two types are well developed. Based on the study of sedimentary sequence, paleocurrent direction, distribution of turbidite in time and space, and major provenance, three submarine fans named Tongxin, Helanshan and Zhuozishan submarine fans have been identified with the total area of more than 43000km² and the thickness approximately 3000m. Among these submarine fans, Helanshan submarine fan is a high energy one, the other two are low energy ones. The submarine fan systems mentioned above possess good hydrocarbon prospects.

图版 I 说明

1. 含海绵骨针、三叶虫屑和钙球颗粒的泥晶灰岩。内蒙桌子山克里摩里组 (O₁k)。单偏光, ×25。
2. 硅岩中的放射虫。内蒙桌子山拉什仲组 (O₂l)。单偏光, ×62.5。
3. 低密度浊积砂岩, 具 abc 鲍马层序。内蒙桌子山公乌素组 (O₂g)。
4. 陆源碎屑高密度浊流沉积中的重荷模。内蒙桌子山拉什仲组 (O₂l)。
5. 陆源碎屑高密度浊流沉积中的槽模。内蒙桌子山拉什仲组 (O₂l)。
6. 陆源碎屑和碳酸盐混合的高密度浊积岩的 C 段中的大型楔状交错层理。宁夏贺兰山西侧胡吉台平凉组 (O₂p)。
7. 高密度浊积砂岩, 具 abce 似鲍马层序, e 段在图版之外。内蒙桌子山拉什仲组 (O₂l)。
8. 碳酸盐高密度浊流沉积, 具 abce 似鲍马层序。内蒙桌子山蛇山组 (O₂s)。
9. 高密度浊流沉积和低密度浊流沉积形成的向上变薄变细层序。内蒙桌子山拉什仲组 (O₂l)。