

文章编号:1672-9854(2010)-02-0014-06

贺兰拗拉槽胡基台地区中奥陶统樱桃沟组 深海重力流沉积特征

许强,陈洪德,赵俊兴,陈安清,苏中堂,王峰

(成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室;成都理工大学沉积地质研究院)



许强

摘要 结合国际上深海沉积研究最新动态,分析了鄂尔多斯盆地西侧胡基台地区中奥陶统樱桃沟组野外剖面。认为该地层块状内部无层理砂岩为砂质碎屑流沉积而不是前人认为的浊流沉积。研究区发育有垮塌沉积、颗粒流沉积、砂质碎屑流沉积、浊流沉积等重力流沉积。该区樱桃沟组重力流沉积类型的总体分布特征是:下部发育钙屑浊流与大规模灰岩垮塌沉积,见砂质碎屑流沉积;中部主要发育陆源碎屑浊流沉积,但在其下部有较为发育的颗粒流沉积;上部发育陆源碎屑浊流沉积。其中垮塌沉积和颗粒流沉积作为对古构造的沉积响应,反映了樱桃沟期该地区的古构造地形为陡坡。

关键词 重力流沉积;贺兰山;拗拉槽;中奥陶统;鄂尔多斯盆地

中图分类号 TE111.3 **文献标识码** A

许强 1978年生,2001年毕业于成都电子科技大学,现为成都理工大学沉积地质研究院在读硕士研究生,沉积学专业。通讯地址:610059 四川省成都市二仙桥东三路1号

浊流沉积为重力流沉积的一种重要类型,而重力流沉积为深海沉积的一种重要类型。对浊流的研究最早可以追溯到1887年F.A.Forel(瑞士)对当时流入日内瓦湖的罗纳河的研究,1962年鲍玛序列的提出使浊流理论具有地质学上划时代的意义^[1]。国内于20世纪60年代引入浊流沉积理论,李继亮等在1978年公开发表了浊积岩方面的论文^[2]。深海沉积理论一直是沉积学研究的热点之一,并且已被应用于油气勘探领域。截止2001年,全球石油工业界已经从18个盆地大于500m水深的海域获得580×10⁸bbl油当量的可采储量,其中的90%来自具有储集条件的深海沉积砂岩^[3]。因此加强深海沉积的研究不仅有地质理论意义,而且有巨大的经济意义。

人们把我国贺兰拗拉槽胡基台地区中奥陶统樱桃沟组深海沉积的块状内部无层理砂岩解释为浊流沉积^[4-5],但是对其形成机理、流体性质解释不清楚。这不仅造成了使用浊流及浊积岩概念的混乱,而且引起一种误解,那就是套用Walker海底浊

积扇模式^[6]来分析该地区海底扇的沉积相带总是正确的。而事实上,Walker海底浊积扇模式几乎不适用于分析海底扇复杂的情况。本次研究通过野外观察贺兰山西麓胡基台地区的一条剖面,用砂质碎屑流解释了深海沉积的块状内部无层理砂岩的成因机制。

本文旨在对研究区的重力流沉积按其沉积机制进行正确的分类,并且规范浊流、浊积岩概念的使用。

1 地质背景

研究区位于贺兰构造带中部,阿拉善左旗以东约10km的胡基台一带(图1)。贺兰构造带是由中元古代开始发育的贺兰拗拉槽经过后期一系列的变化发展而成,它位于鄂尔多斯盆地西侧,呈南宽(200~300 km)北窄(40~100 km),南北延伸约400多千米,面积约20 000多平方千米,总体上呈楔形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^[7]。

收稿日期:2009-06-17

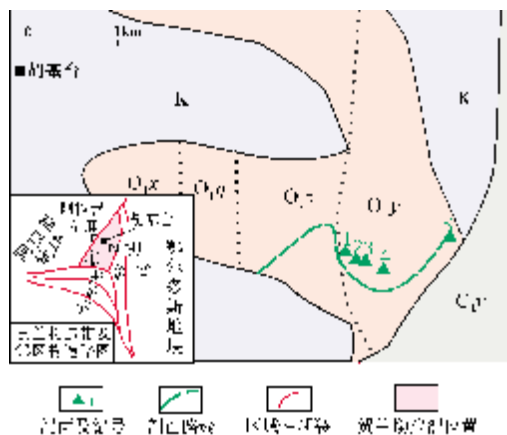


图1 研究区地质及位置(左下角的构造图据文献[7]略作修改)

- ① 贺兰复式断褶带; ② 鄂尔多斯西缘逆冲断裂带;
③ 银川地堑; ④ 六盘山弧形逆冲推覆带;
⑤ 卫宁北山断褶带; ⑥ 北祁连地槽褶皱带
剖面: 1 砂质碎屑流; 2 钙屑浊流; 3 垮塌灰岩;
4 颗粒流; 5 浊流(席状砂泥互层)
O_{1x} 下岭南沟组; O_{1q} 前中梁子组; O_{1z} 中梁子组;
O_{2y} 樱桃沟组; C_{1y} 羊虎沟组

贺兰拗拉槽初始形成于中元古代,寒武纪至奥陶纪为贺兰拗拉槽活动的重要时期,其中以中奥陶世沉降最盛,该时期的深海重力流沉积特别发育^[8]。研究区出露的奥陶系从下到上为下统的下岭南沟组(O_{1x})、前中梁子组(O_{1q})、中梁子组(O_{1z}),中统的樱桃沟组(O_{2y}),上统缺失(图 2)。樱桃沟组由郑昭昌于 1975 年建立,厚约 1770 多米,为一套深海沉积,是本文探讨的重点。它与上覆石炭系羊虎沟组(C_{1y})不整合接触,与下伏中梁子组整合接触。本次研究观察了野外剖面路线一条(图 1),采集照片 170 幅。

2 胡基台地区的深海重力流沉积

深海, 本文指陆棚/台地坡折带之外的深水海域。深海沉积非常复杂, 受多种机制共同作用。多种重力流、多种底流(等深流、大洋涡流以及峡谷中的内潮汐等), 它们共同作用形成了复杂的深海沉积体(图 3)。到目前为止, 发现的深海重力流沉积有滑移沉积、垮塌沉积、颗粒流沉积、碎屑流沉积、浊流沉积、液化流沉积等, 其中以垮塌、碎屑流及浊流沉积较为常见, 其他类型较为少见。

前人对鄂尔多斯盆地西侧和南侧有关中奥陶统深海沉积的研究虽然不多,但都提出了很有价值的见解^[4-5,11-12],而在对贺兰拗拉槽胡基台中奥陶统樱桃沟组的研究中^[4-5],却都把该地区的块状内部无层

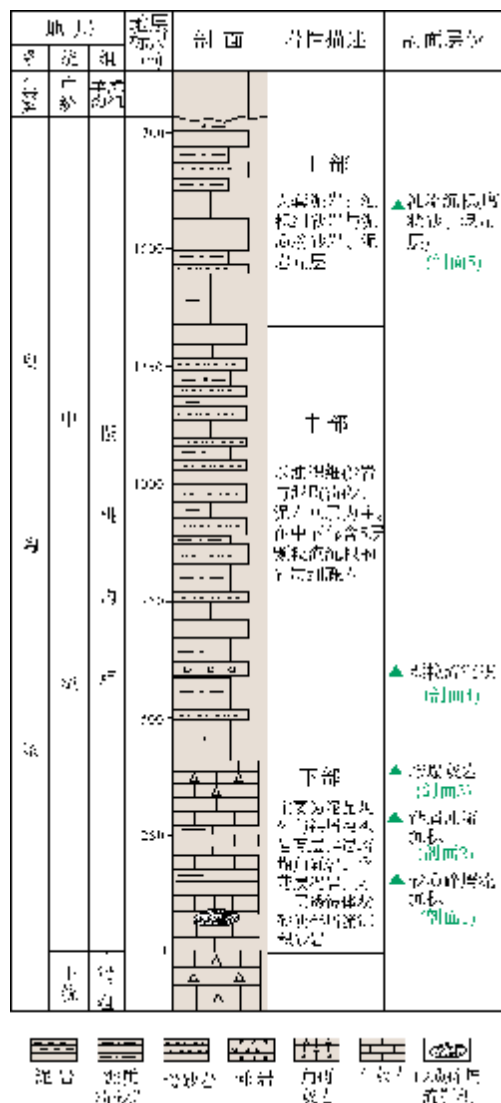


图 2 胡基台樱桃沟组野外剖面柱状图(据文献[9]修改)

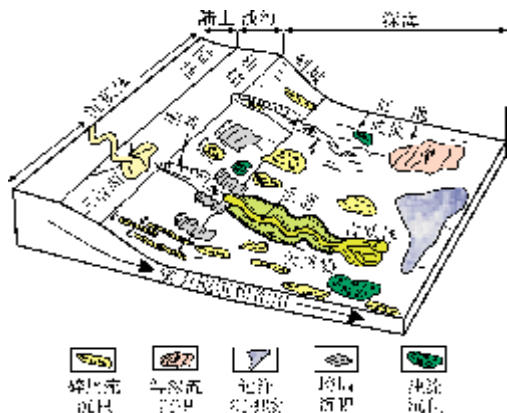


图 3 深海沉积模式(据文献[10]修改)

理砂岩解释为浊流沉积。笔者在前人研究的基础上,结合国际上最新深海沉积理论,重新研究了胡基台地区樱桃沟组的深海沉积,识别出了四种深海重力流沉积,包括垮塌沉积、颗粒流沉积、砂质碎屑流沉积、浊流沉积,并认为上面所述的块状内部无层理砂岩不是浊流沉积,而是砂质碎屑流沉积。这也是首次在该地区识别出砂质碎屑流沉积。

2.1 垮塌沉积

在樱桃沟组下部,有大套的砾状灰岩(图4),其特征如下。

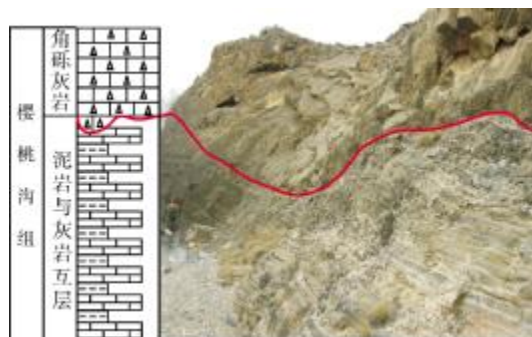


图4 胡基台地区樱桃沟组下部垮塌沉积
对应图1中剖面3

(1)与下伏的薄层泥岩、薄板状灰岩的互层呈不整合接触,泥岩中产笔石。

(2)垮塌下来的角砾灰岩直接‘铲’在了深海原地沉积的薄层泥岩、薄板状灰岩的互层之上,二者接触界面明显。

(3)垮塌角砾灰岩在露头上呈明显的正地形,非常醒目。

(4)角砾灰岩无分选,大小混杂,一般为10~30 cm,可见直径约数米的巨大砾岩。

(5)砾石呈棱角、次棱角状,部分呈次圆状,排列杂乱,偶见叠瓦状。

(6)砾石成分主要为砂屑灰岩、鲕粒灰岩、藻灰岩、泥晶灰岩等。砾状灰岩由于不可能为深海原地沉积,故应为从斜坡上的碳酸盐岩台地垮塌下来的垮塌沉积。

(7)研究区共发现有4层垮塌沉积,均位于樱桃沟组下部,分布于图1中剖面3及其附近;第一层厚约15 m;向上约20 m为第二层,厚约12 m;再向上25 m左右为第三层,厚约7 m;再向上约15 m为第

四层,厚约3 m。发育规模呈现自下而上变小的趋势。

由此可见,研究区出露的垮塌沉积规模较大,厚度从几米到十几米不等。这要求地形有较陡的斜坡,这点与颗粒流发育的地形条件一致,表明了该地区在中奥陶世樱桃沟期的斜坡有较大的坡度。

2.2 颗粒流沉积

颗粒流是以颗粒相互碰撞产生的扩散应力支撑的重力流。这种扩散应力可以支撑粗砂和砾石,因此颗粒流常含有较粗大的颗粒。颗粒流沉积的鉴别标志如下。

(1)它呈块状、层状、透镜状夹于灰黑色页岩或泥灰岩中;

(2)颗粒分选中等,磨圆较好,杂基较少到无,多为块状层理,粒序不明显;

(3)砾石略平行于层面,有的呈叠瓦状排列;

(4)颗粒流沉积的周围均为较深海环境的泥页岩、泥质粉砂岩及薄板状泥灰岩,说明颗粒流经过了一定距离的搬运,为深海异地沉积物。

这些特点表明其搬运方式并非碎屑流和浊流(特征后述),只有颗粒流的机制才能形成。颗粒流的形成需要相当大的坡度(18°~28°)。在地质历史上,颗粒流的实例很少,其实用价值不高,因此人们不太关注。但是颗粒流可以反映当时坡折带的地形,具有一定的地质研究意义。

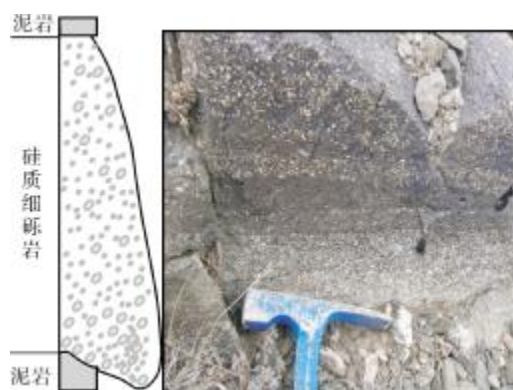


图5 胡基台地区樱桃沟组中部颗粒流沉积
对应图1中剖面4

虽然颗粒流在地质历史上实例很少,但是在本研究区则较发育,图5为其实例之一。在樱桃沟组中下部出露有5层明显的颗粒流沉积,这5层颗粒

流沉积出露在同一个山坡上,其特征是:(1)呈层状、透镜体状夹在灰黑色的泥岩、泥质粉砂之间;(2)单层薄的有 7 cm 左右,厚的 35 cm 左右;(3)厚层延伸较远,可达上千米,薄层延伸数十米,侧向尖灭;(4)颗粒主要为硅质细砾,含少量钙质砾;(5)颗粒磨圆度中—好,颗粒分选中等,粒径大于 5 mm 的约占 30%,粒径在 2~5 mm 的约占 70%,只含极少量的粒径小于 1 mm 的颗粒;(6)砾石颗粒具一定程度的定向排列;

(7)颗粒流沉积杂基含量极少,呈颗粒支撑结构。

研究区发育颗粒流沉积,表明当时地形坡度较陡。

2.3 砂质碎屑流沉积

胡基台樱桃沟组下部出露一套砂岩(图 6),根据其岩性分为两层。这套砂岩与上覆和下伏泥微晶灰岩不规则接触,呈侧向尖灭的几何形态。

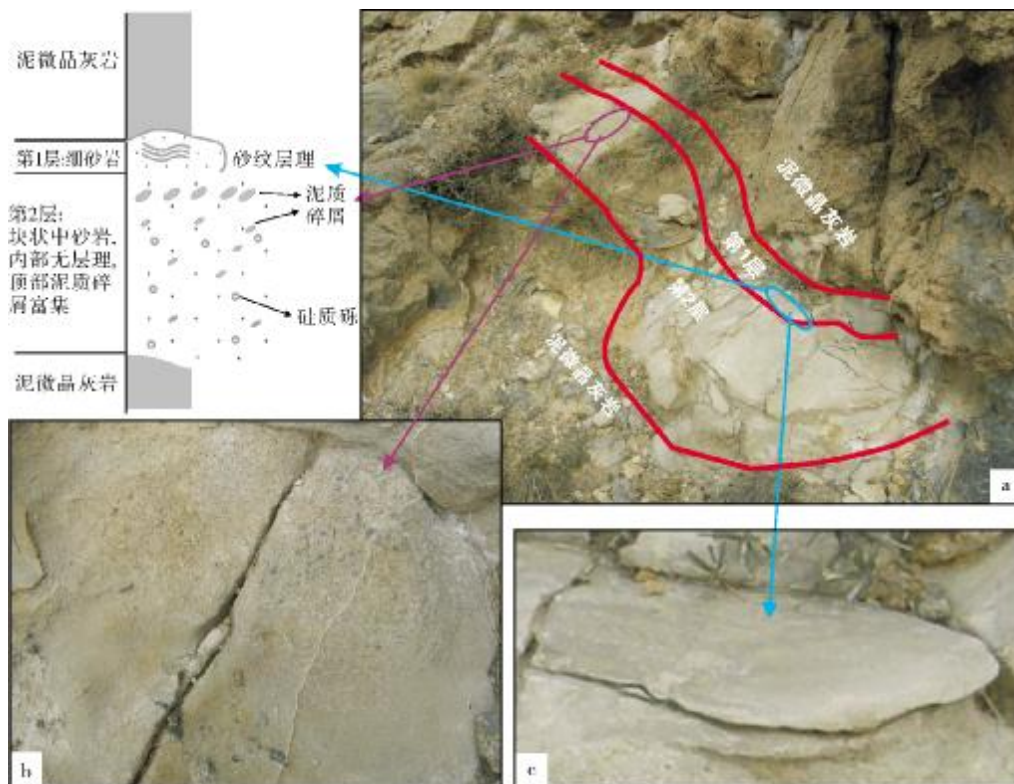


图 6 胡基台地区樱桃沟组下部砂质碎屑流沉积

(a)第 1 层为具砂纹层理的细砂岩;第 2 层为块状中—粗砂岩,内部无层理;(b)块状中—粗砂岩顶部泥质碎屑富集;

(c)具砂纹层理的细砂岩,显示了深海牵引流沉积特征。

对应图 1 中剖面 1

上部第 1 层为细砂岩,其特征是:(1)厚约 10 cm,具砂纹层理,显示其为牵引流成因;(2)粒度明显比下伏块状砂层细;(3)与下伏第 2 层的块状中—粗砂岩呈凹凸接触;(4)岩性为灰白色细砂岩。

第 2 层为中—粗砂岩,其特征是:(1)出露砂岩厚约 50 cm,与周围地层不协调,其四周均为泥微晶灰岩,砂岩呈透镜体状产出;(2)与下伏泥微晶灰岩不规则接触,呈侧向尖灭的几何形态;(3)砂岩呈块状,内部无层理,表示无牵引流作用;(4)砂岩中漂浮

有硅质砾与泥质砾碎屑;(5)碎屑呈逆粒序,表现为在砂岩中上部碎屑粒度变大,碎屑含量增大;(6)砂岩层近顶部漂浮泥质碎屑富集;(7)岩性主要为灰白色中砂岩,含硅质砾、泥质砾。

研究区的深海块状内部无层理砂岩在过去被认为是浊流沉积,但是本文持不同观点。随着对深海沉积研究的深入,鲍玛理论和 Walker 的海底扇模式也变得不能用来解释所有的深海异地沉积。在 20 世纪 90 年代,以 Shanmugam 为代表的沉积学家们提出了

砂质碎屑流概念,用以解释深海相中缺乏交错层理的块状砂岩的特征及性质^[10,13-17]。

上述第2层的特征符合砂质碎屑流的鉴别特征^[14],本次研究将其解释为砂质碎屑流沉积。但由于砂岩只出露了一部分,不能判断其沉积规模的大小。

上述第1层明显显示这层具砂纹层理的细砂岩与下伏块状中—粗砂岩为不同成因的沉积,其砂纹层理构造显示了牵引流沉积的特征,说明其为深海牵引流沉积(理由后述)。

2.4 浊流沉积

浊流是一种以紊流作为支撑机制的沉积物重力流,只有浊流沉积物才能叫浊积岩。浊流以形成简单的正粒序为特征,故鲍玛序列中只有具正粒序的A段是浊流沉积;深海牵引构造(交错层理和有波痕的细粒沉积)应解释为深海底牵引流成因^[10,13-17],故具牵引构造的鲍玛序列中的B段、C段、E段应为深海牵引流沉积。

Shanmugam 提出了新的浊积岩识别标志^[10,13-17]: (1)正粒序;(2)突变界面位于底部,顶部为渐变界面;(3)砂岩呈席状砂体产出。其中只有正粒序才是较可靠的标志。

胡基台地区浊流较为发育,在樱桃沟组下部发现了有明显正粒序的钙屑浊流沉积(图7),其特征是:(1)具明显的正粒序,底部为青灰色中—粗粒的砂屑灰岩,向上逐渐变细,到顶部变为青灰色细粉级的砂屑灰岩;(2)呈席状产出,横向延伸可达数千米;(3)与薄层泥岩、薄板状灰岩互层。

在樱桃沟组中部至上部出露的席状浊积砂岩规模较大(图8),其特征是:(1)砂岩夹薄层泥岩互层,

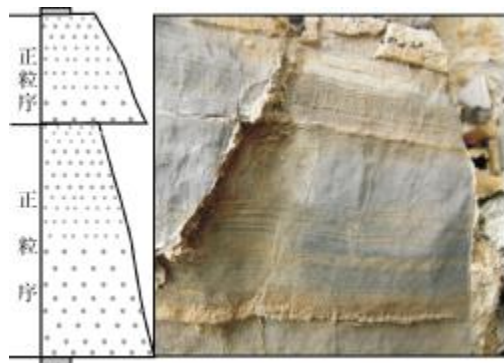


图7 胡基台地区樱桃沟组下部具正粒序的钙屑浊积岩

对应图1中剖面2

泥岩中产笔石;(2)浊积砂岩呈席状产出,横向延伸达数千米;(3)砂岩岩性以灰黑色和灰色细粉砂、泥质粉砂为主,单层砂岩厚度薄的仅为数厘米,厚的有40 cm左右。



图8 胡基台地区樱桃沟组上部浊积岩

砂岩与泥岩互层,呈席状产出。对应图1中剖面5

3 结论与讨论

(1)贺兰拗拉槽胡基台地区樱桃沟组的重力流沉积类型从下到上的分布总体是:下部发育钙屑浊流与大规模灰岩垮塌沉积,见砂质碎屑流沉积;中部发育陆源碎屑浊流沉积,中下部颗粒流沉积较为发育;上部发育陆源碎屑浊流沉积。

(2)以前被认为是浊流沉积的块状内部无层理砂岩,其实为砂质碎屑流沉积。

(3)胡基台地区较为发育的颗粒流沉积和大规模的垮塌沉积反映了中奥陶世樱桃沟期该区具陡坡地形。

参考文献

- [1] Bouma A H. Sedimentology of some flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation [M]. Amsterdam: Elsevier, 1962:168.
- [2] 李继亮,陈昌明,高文学,等.我国几个地区浊积岩系的特征[J].地质科学,1978,(1):26-44.
- [3] 庞雄,陈长民,朱明,等.深水沉积研究前缘问题[J].地质论评,2007,53(1):36-43.
- [4] 吴胜和,冯增昭,张吉森,等.鄂尔多斯地区西缘及南缘中奥陶统平凉组重力流沉积[J].石油与天然气地质,1994,15(3):226-234.
- [5] 高振中,张吉森.鄂尔多斯地区西缘奥陶纪海底扇沉积体系

- [J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2):119-125.
- [6] Walker R G. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: Models for exploration for stratigraphic traps[J]. AAPG Bull, 1978, 62:932-966.
- [7] 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.
- [8] 张国凡, 刘景平. 贺兰拗拉槽与前渊盆地及其演化[J]. 石油与天然气地质, 1983, 4(3):236-245.
- [9] 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.
- [10] Shanmugam G. Deep-marine tidal bottom currents and their reworked sands in modern and ancient submarine canyons[J]. Marine and Petroleum Geology, 2003, 20:471-491.
- [11] 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):16-25.
- [12] 何幼斌, 高振中, 罗顺社, 等. 陕西陇县地区平凉组三段发现内潮汐沉积[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(4):28-33.
- [13] Shanmugam G. Moiola R J. Reinterpretation of depositional processes in a classic flysch sequence(Pennsylvanian Jackfork Group), Ouachita mountains, Arkansas and Oklahoma[J]. AAPG Bull, 1995, 79:672-695.
- [14] Shanmugam G. High density turbidity currents: Are they sandy debris flows[J]. Journal of Sedimentary Research, 1996, 66:2-10.
- [15] Shanmugam G. 50 years of the turbidite paradigm(1950-1990s): Deep-water processes and facies models—a critical perspective[J]. Marine and Petroleum Geology 2000, 17:285-342.
- [16] Shanmugam G. Ten turbidite myths[J]. Earth-Science Reviews, 2002, 58:311-341.
- [17] Shanmugam G. Deep-water Processes and facies models: Implications for sandstone petroleum reservoirs[M]. New York:Elsevier, 2006: 473.

编辑:吴厚松

The Features of Middle Ordovician Yingtaogou Deep-sea Gravitational Current Deposits at Hujitai area in the Helan Aulacogen, Ordos Basin

Xu Qiang, Chen Hongde, Zhao Junxing, Chen Anqing,
Su Zhongtang, Wang Feng

Abstract: The massive unbedded sandstone is identified in the field cropout profile of Middle Ordovician Yingtaogou Formation at Hujitai in the western part of Ordos Basin and it is advanced that involving the latest international studies of deep sea depositions, the massive unbedded sandstone belongs to sandy debris current deposits but turbidity current deposits mentioned in literatures. Gravity current deposits including slump deposits, grain current deposits, sandy debris current deposits and gravity current deposits developed in this study area. The gravity current deposits are commonly characterized by: abundant calcarenaceous turbidite and a large scale of limestone slump deposits including limestone sandy debris currents in the lower part; massive turbidity current deposits deriving land in the middle part, and abundant of grain current deposits at the bottom of the middle part; a large scale of turbidity current deposits from land in the upper part. Slump and grain current deposits responding to palaeostructures reflect that the palaeostructure was a steep slop in topographical during Yingtaogou period at Hujitai.

Key words: Gravitational current deposit; Turbidity current deposit; Helan Aulacogen; Middle Ordovician; Ordos basin

Xu Qiang: male, Master degree at Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, 1 Dongsan Rd., Erxianqiao Chengdu, 610059 China