

鄂尔多斯盆地七里村油田长6和长7重力流沉积的发现及其意义

沈卫民^{1,2}, 靳晓杰³, 赵美丽⁴, 刘星^{1,2}

(1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065; 2. 西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室, 陕西 西安 710065;
3. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266000; 4. 西安石油大学石油工程学院, 陕西 西安 710065)

摘要: 基于岩心观察、粒度分析和测井相分析等, 在鄂尔多斯盆地东南部七里村油田三叠系延长组长6段和长7段发现了重力流沉积。该区重力流沉积类型主要有滑塌沉积、砂质碎屑流沉积和浊流沉积。研究区重力流的形成过程可分为5个阶段: 三角洲前缘沉积阶段、滑动阶段、滑塌阶段、砂质碎屑流沉积阶段和浊流沉积阶段。受湖盆底形、触发机制、古水深等因素共同影响, 重力流发育湖底扇模式, 砂质碎屑流主要是舌状体; 浊流主要是朵叶体。基于物源、坡度和触发条件等的分析, 建立研究区重力流沉积演化模式和重力流沉积模式图。

关键词: 重力流沉积类型; 延长组; 七里村油田; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE132 **文献标志码:** A

Discovery and significance of gravity flow deposits of Chang 6 and Chang 7 in Qilicun Oilfield, Ordos Basin

SHEN Weimin^{1,2}, JIN Xiaojie³, ZHAO Meili⁴, LIU Xing^{1,2}

(1. School of Geosciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China;
2. Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology in Shaanxi Province, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China;
3. School of Geoscience and Technology, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266000, China;
4. School of Petroleum Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

Abstract: Based on core observation, grain size analysis, and logging facies analysis, gravity flow deposits were discovered in the 6th and the 7th member of the Triassic Yanchang Formation of the Qilicun Oilfield in the southeastern Ordos Basin. This area's main types of gravity flow deposits are slump deposits, sandy clastic flow deposits, and turbidity flow deposits. The formation process of gravity flow in the study area can be divided into five stages: delta front sedimentation stage, sliding stage, slump stage, sandy clastic flow deposition stage, and turbidity current deposition stage. Under the joint influence of the bottom shape of the lake basin, triggering mechanism, and palaeodepth, the gravity flow develops into a lake bottom fan model, and the sandy debris flow is mainly a tongue. Based on the analysis of provenance, slope, and trigger conditions, the gravity flow depositional evolution model and gravity flow sedimentary model map are established in the study area.

Key words: gravity flow deposition type; Yanchang Formation; Qilicun Oilfield; Ordos Basin

引用格式: 沈卫民, 靳晓杰, 赵美丽, 等. 鄂尔多斯盆地七里村油田长6和长7重力流沉积的发现及其意义[J]. 复杂油气藏, 2024, 17(1): 38-43.

SHEN Weimin, JIN Xiaojie, ZHAO Meili, et al. Discovery and significance of gravity flow deposits of Chang 6 and Chang 7 in Qilicun Oilfield, Ordos Basin [J]. Complex Hydrocarbon Reservoirs, 2024, 17(1): 38-43.

重力流沉积是沉积学界和石油地质学界的研究热点之一, 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长6段和长7段广泛发育重力流, 并发现了可观的油气储量。

重力流的系统理论研究始于 Kuenen 和 Migliorini (1950 年) 发表的论文, 该文提出浊流导致粒序层理。之后, Hampton (1975 年) 提出砂质碎屑流的概念; Shanmugam 进一步分析了砂质碎屑流特

征并提出了重力流沉积演化模式^[1-3]。随着砂质碎屑流理论的盛行, 邹才能等^[4]通过对浊流概念的发展和砂质碎屑流概念、鉴别特征的介绍, 揭示鄂尔

收稿日期: 2023-10-22; 改回日期: 2024-01-08。

第一作者简介: 沈卫民 (1997—), 在读硕士研究生, 石油地质专业。E-mail: 2642353946@qq.com。

多斯盆地长7—长6油层组时期湖盆中部沉积厚砂体的成因机制;杨华等^[5]通过锆石U-Pb年龄分析技术得出湖盆中心长7厚层重力流砂体沉积于距今215.24Ma左右;付锁堂等^[6]提出厚层砂体受控于沉积物供给速率、湖盆底形及构造活动等;杨仁超等^[7]认为形成鄂尔多斯盆地南部长7—长6油层组重力流的条件是印支运动使秦岭造山带挤压形成盆地南缘的陡坡地形,以及半深湖—深湖的滞水环境和地震及火山的触发机制。

目前,对研究区七里村油田长6和长7沉积相的研究还比较薄弱,且以往研究一致认为长6和长7段砂岩为三角洲沉积^[8-9]。本文认为七里村地区具有事件沉积的重力流特征。基于多口井岩心观察、

测井分析及多种分析资料,研究鄂尔多斯盆地七里村油田重力流类型、沉积特征以及相模式,以期为陆相拗陷湖盆重力流研究提供借鉴。

1 区域地质背景

七里村油田位于陕西省延长县,处在鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东南部,物源方向为东北物源,研究区面积为549 km²(见图1)。研究区地层整体发育平缓,厚度变化不大,自东向西平均每公里下降约8 m,局部存在小型鼻状隆起构造。延长组长6段厚度平均为142.9 m,长7段厚度平均为88 m。长6砂岩主要为长石砂岩,孔隙类型以粒间孔和溶蚀孔为主;长7砂岩主要为长石砂岩,孔隙类型以溶蚀孔为主。

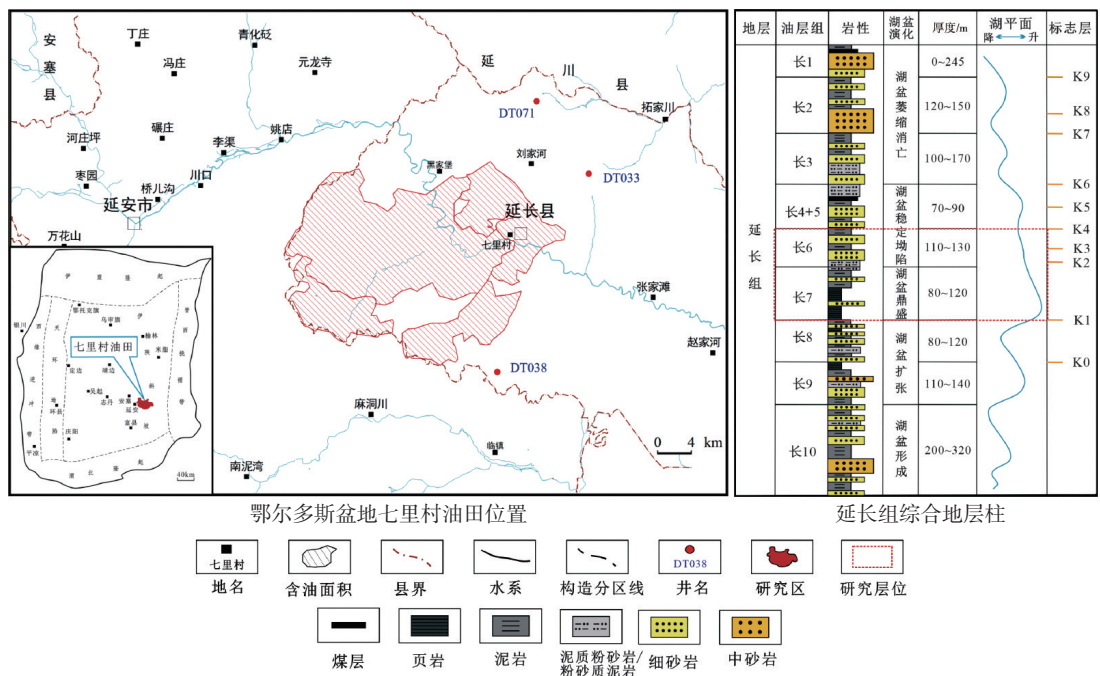


图1 鄂尔多斯盆地七里村油田位置及延长组地层柱

2 重力流发育的条件

2.1 古水深条件和触发条件

岩石的沉积构造、化石和颜色是典型的相标志。在七里村岩心观察中发现浅湖沉积特征,包括斜虫孔(图2a)、垂直虫孔(图2b)、植物叶片化石(图2c)、浪成对称波痕(图2d)。还发现了河道的沉积特征,如槽状交错层理(图2e)、河床滞留沉积(图2f)。综上所述,研究区主体为三角洲前缘沉积。

对岩心进行详细观察,发现局部存在叶肢介化石(图2g、h),有半深湖—深湖环境。此外,还发现了自碎裂角砾岩(图2i)、球枕构造(图2j),这些是震

积岩的典型特征。研究区延长组长6和长7存在较深水的条件,又具有较强的外在触发能量,所以此处有事件性沉积—重力流产生的环境条件。

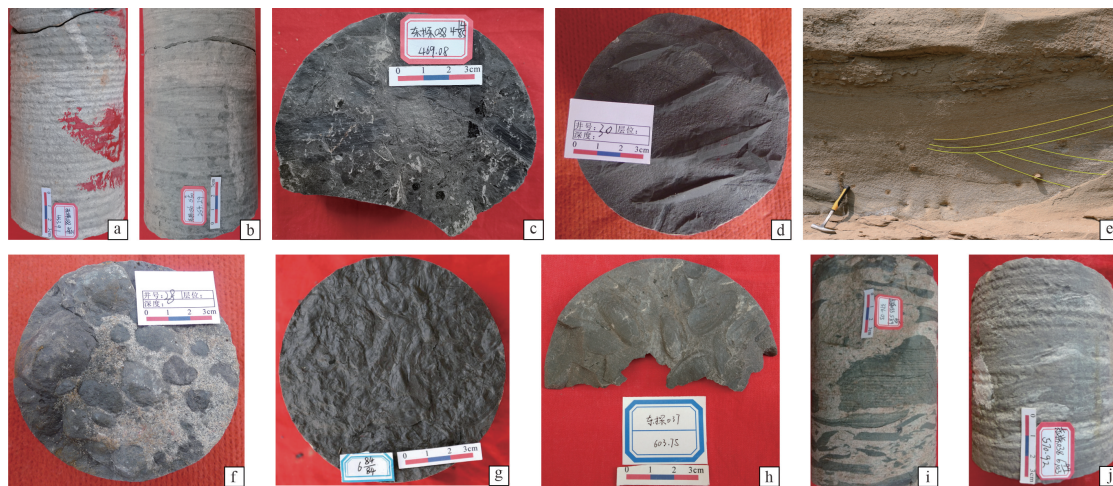
2.2 沉积粒度分析

通过C-M图绘制(图3),发育2种典型沉积类型,分别符合牵引流和重力流特征。牵引流密集分布在PQ段,以悬浮搬运为主,含有滚动搬运组分,C值为600~1 100 μm,平均值为798 μm,M值为100~190 μm,平均值为139 μm。由上往下C值变化而M值几乎不变,说明随着搬运能力的减弱,搬运的粒级在明显变小,是牵引流沉积砂体典型特征;重力流类型分布在C=M基线附近,C值为66~661 μm,平

均值为 $197\ \mu\text{m}$, M 值为 $39\sim 193\ \mu\text{m}$, 平均值为 $89\ \mu\text{m}$ 。

重力流中的砂质碎屑流是块体搬运的形式,所

以不存在随搬运距离的增加,粒级的明显变化,重力流中的浊流是紊流支撑的悬浮搬运,当流速降低相对重的悬浮物质下沉,以递变悬浮为主。



a.DT038, 453.91 m; b.DT036, 254.29 m; c.DT038, 469.08 m; d.Z085, 长6; e.延河剖面, 长6; f.Z085, 441.22 m; g.DT071, 599.21 m; h.DT037, 603.75 m; i.DT033, 376.05 m; j. DT038, 570.92 m, 长7

图2 七里村油田沉积环境特征

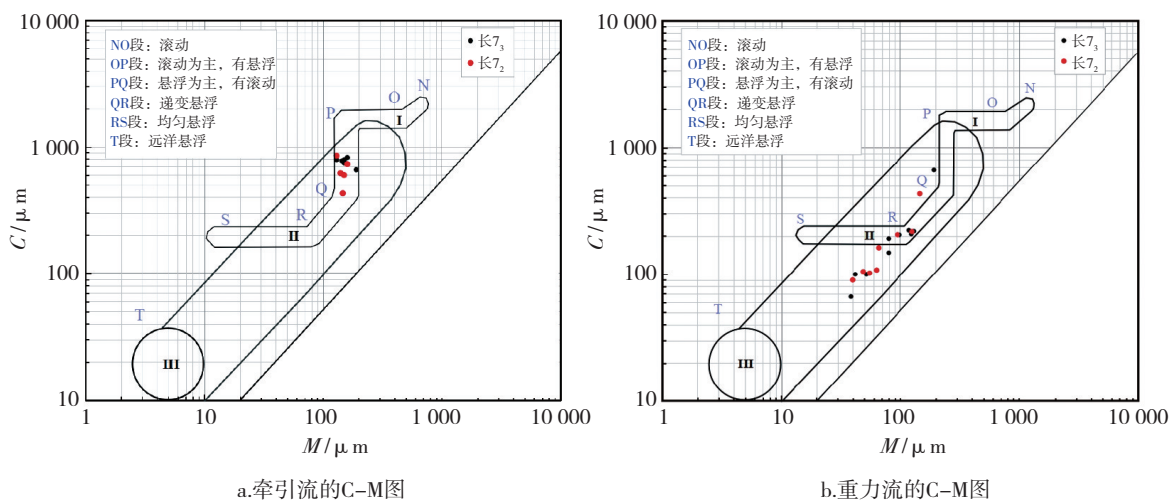


图3 沉积物C-M图

3 事件型沉积-重力流特征

3.1 滑动岩

滑动岩是在外界触发条件下,研究区原有三角洲前缘沉积物沿着滑动面下滑形成的砂体。滑动岩内部变形较少保留原始沉积层理和构造,其在岩心上的识别标志有:砂岩底部滑脱面(图4a)、底部见剪切带、顶部见砂泥突变接触面。滑动岩一般难保存,会转化为滑塌岩。

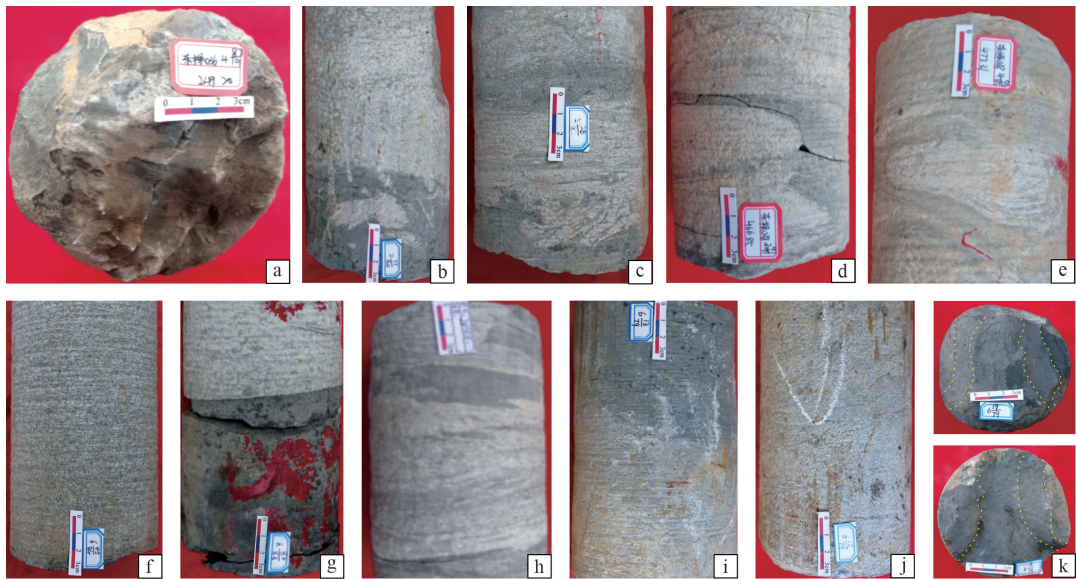
3.2 滑塌岩

滑塌岩是沉积物在下凹滑动面上受外力作用

产生位移并发生旋转变形从而形成的砂体。在滑塌过程中常发育强烈的同沉积变形构造,有球枕构造(图4b)、旋转火焰状(图4c)、滑塌变形构造(图4d)、包卷层理(图4e)、泥岩中见砂质注入体以及底面重荷模等构造。

3.3 砂质碎屑流

砂质碎屑流是宾汉塑性体,符合塑性流变、层流状态的沉积物流,以块体冻结的块体搬运方式运移。砂质碎屑流包含以下几种特征:(1)发育块状层理,厚层块状砂岩(图4f);(2)砂质碎屑流常与泥岩突变接触,底部一般不具有冲刷面(图4g),因为砂质碎



a.DT036, 249.20 m; b.DT041, 244.41 m; c. DT071, 452.43 m; d. DT038, 466.85 m; e. DT038, 477.31m;
f. DT071, 595.04 m; g. DT041, 415.32 m; h. Z085, 419.31 m; i.DT041, 304.10 m; j. DT041, 304.3 m;
k. DT041, 304.80 m

图4 研究区长6段、长7段滑动、滑塌岩心特征

屑流在深水区具有滑水效应且为层流,缺乏侵蚀性,因此其沉积物底部比较平坦;(3)块状砂岩顶部存在泥岩漂砾且反粒序排列;(4)泥岩撕裂屑和“漂浮状”泥砾(图4h);(5)有底模构造,沟模、重荷模等。

3.4 浊流

浊流是具有牛顿流体性质的沉积物流,不具有屈服强度,一旦受到外力作用就会运动,当外力作用降低为零时,失去动力从而停止。研究区浊流包含以下几种特征:(1)岩性主要为细砂岩、粉砂岩,砂岩广泛发育粒度向上变小的正粒序层理(图4i、j);(2)具有韵律层理;(3)具有底模构造(图4k);(4)单层沉积的浊积砂体一般较薄,小于0.5 m。

4 重力流展布分析

4.1 垂向组合关系

基于研究区典型井(DT038、DT033、DT071井)的岩心观察和描述,分析得出重力流主要发育在长6₂、长6₃、长7₂和长7₃。研究区长6₂和6₃的总地层厚度平均值为67.6 m,长6₂时期水下分流河道沉积微相大面积广泛式发育,形成大量水下水道砂体,这为重力流的形成奠定物质基础。长6₂见震积岩,体现了地震是重力流产生的触发机制,长6₃滑塌岩与三角洲前缘砂体是间互分布,可见重力流在长6段没有形成一定规模(图5)。长7₂和长7₃的总地层厚度平均值为58 m,长7₃顶部发育半深湖—深湖亚相

的张家滩页岩,在其上方可见砂质碎屑流的块状砂岩,在其下方可见浊流形成的韵律层理(图6)。

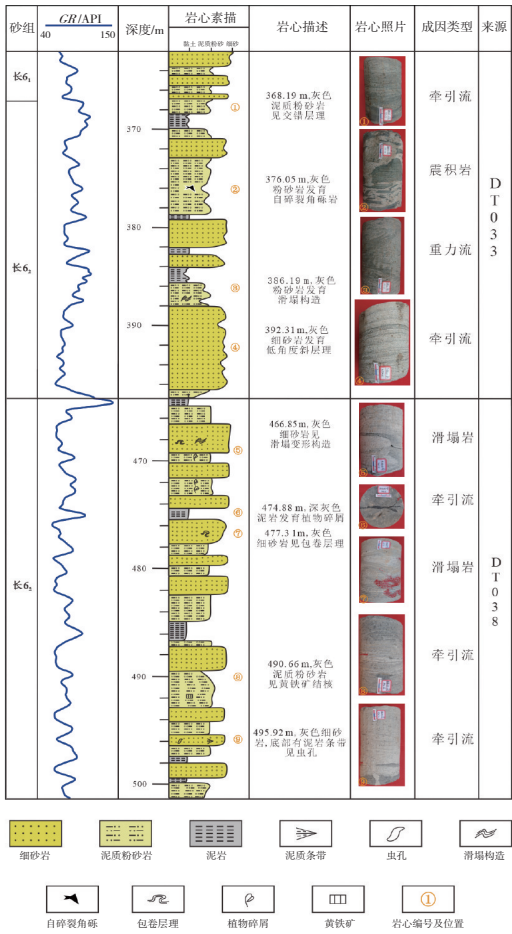


图5 七里村地区长6段垂向组合(DT033、DT038井)

构造,表明地震是研究区目的层段重力流触发机制。

(3)牵引流沉积和重力流沉积共同作用,使得长 7_2 和长 7_3 砂层组砂体延伸距离变远。

参考文献:

- [1] SHANMUGAM G. High-density turbidity currents; are they sandy debris flows? [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1996, 66(1): 2-10.
- [2] 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(2): 285-342.
- [3] SHANMUGAM G. New perspectives on deep-water sandstones: implications [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2013, 40(3): 316-324.
- [4] 邹才能,赵政璋,杨华,等.陆相湖盆深水砂质碎屑流成因机制与分布特征——以鄂尔多斯盆地为例[J]. *沉积学报*, 2009, 27(6): 1065-1075.
- ZOU Caineng, ZHAO Zhengzhang, YANG Hua, et al. Genetic mechanism and distribution of sandy debris flows in terrestrial lacustrine basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(6): 1065-1075.
- [5] 杨华,邓秀芹.构造事件对鄂尔多斯盆地延长组深水砂岩沉积的影响[J]. *石油勘探与开发*, 2013, 40(5): 513-520.
- YANG Hua, DENG Xiuqin. Deposition of Yanchang Formation deep-water sandstone under the control of tectonic events, Ordos Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2013, 40(5): 513-520.
- [6] 付锁堂,邓秀芹,庞锦莲.晚三叠世鄂尔多斯盆地湖盆沉积中心厚层砂体特征及形成机制分析[J]. *沉积学报*, 2010, 28(6): 1081-1089.
- FU Suotang, DENG Xiuqin, PANG Jinlian. Characteristics and mechanism of thick sandbody of Yanchang Formation at the centre of Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(6): 1081-1089.
- [7] 杨仁超,何治亮,邱桂强,等.鄂尔多斯盆地南部晚三叠世重力流沉积体系[J]. *石油勘探与开发*, 2014, 41(6): 661-670.
- YANG Renchao, HE Zhiliang, QIU Guiqiang, et al. Late Triassic gravity flow depositional systems in the southern Ordos Basin [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2014, 41(6): 661-670.
- [8] 郭艳琴,惠磊,张秀能,等.鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积体系特征及湖盆演化[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2018, 48(4): 593-602.
- GUO Yanqin, HUI Lei, ZHANG Xiuneng, et al. Sedimentary system characteristics and lake basin evolution of Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin [J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2018, 48(4): 593-602.
- [9] 李文厚,刘溪,张倩,等.鄂尔多斯盆地中晚三叠世延长组沉积演化[J]. *西北大学学报(自然科学版)*, 2019, 49(4): 605-621.
- LI Wenhui, LIU Xi, ZHANG Qian, et al. Deposition evolution of Middle-Late Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin [J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2019, 49(4): 605-621.

(编辑 刘义梅)