





















图 13 研究区长 8-长 6 段风暴岩垂向序列及其沉积模式

Fig. 13 Vertical sequences and sedimentary models for the tempestites from the Chang-8 to Chang-6 oil reservoirs in the study area

(4) 序列 4: 由平行层理粉细砂岩段 (C) 和泥页岩段 (E) 组成。此时由于位于风暴浪基面附近, 风暴流能量减弱, 向风暴浊流转化, 该序列代表风暴浊流形成的沉积序列, 属远源风暴岩沉积。

#### 4 研究意义

相对于浊流沉积体, 一般认为砂质碎屑流沉积环境相对较浅, 所形成的块状砂岩虽然具有较好的孔隙度和渗透性, 而且岩心观察中也常见到块状砂岩含油, 含油级别为油侵, 但砂质碎屑流作为塑性流体, 无固定水道, 形成的砂体往往不如浊积砂体连续, 常形成局部不规则的朵叶状, 因此其勘探难度相对浊流砂体较高而且经济价值也不如人们早先的预期<sup>[18]</sup>。但随着勘探程度的不断加大, 砂质碎屑流所形成的岩性油气藏不断被发现, 其地域为重要的油气勘探和发展目标。砂质碎屑流的发现和时空分布特征对研究区油气产量的突破和提升具有重要意义。另外, 风暴作用的发现表明, 旬邑地区当时处于低纬度风暴作用带内, 这可以为分析华北板块的向北迁移提供证据<sup>[25]</sup>。风暴作用和砂质碎屑流多认为发生在水下斜坡处, 这可能与秦岭-大别造山作用及渭北隆起的早期发育有关<sup>[26]</sup>。因此,

风暴作用的研究对于研究区古地理、古气候的研究和恢复具有重要意义<sup>[27]</sup>。

#### 5 结论

(1) 旬邑地区延长组长 8-长 6 沉积时期发育砂质碎屑流沉积。

(2) 研究区砂质碎屑流沉积表现以下特征: 大套块状细砂岩、面状碎屑组构、顶底突变接触、漂砾、底部剪切带及滑塌变形构造等, 这些沉积特征体现了砂质碎屑流高密度、层状流动、整体“冻结式”沉积的特征。且砂质碎屑流相应测井曲线特征以箱型为主, 地震剖面特征表现为丘状体形态, 内部呈混乱或圆丘状反射, 侧向尖灭。

(3) 认为砂质碎屑流为风暴诱因, 风暴沉积特征表现为: ①准同期侵蚀构造, 包括渠模构造、冲刷面构造、底模构造; ②风暴滞留层段; ③丘状交错层理或浪成沙纹层理; ④波痕和生物逃逸迹。长 8-长 6 沉积期, 鄂尔多斯盆地湖体发育正值顶峰, 湖广水深, 有利于风暴沉积物的保存。

(4) 研究区理想的风暴沉积序列自下向上总结为: A. 块状层理段; B. 滞留沉积段; C. 平行层理段; D. 丘状交错层理或浪成沙纹层理段; E. 泥页岩段。

根据岩心观察,研究区风暴沉积可归纳出3个序列:序列1:由块状层理段(A)和泥页岩段(E)组成;序列2:由块状层理段(A)、丘状层理或浪成交纹层理段(C)和泥页岩段组成;序列3:由块状层理段(A)或滞留沉积段(B)、平行层理段(D)和泥页岩段(E)组成。

(5)砂质碎屑流的成因研究对其时空分布特征及相关油气勘探具有指导意义,且风暴作用的发现对研究当时的古地理和古气候具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 秦建华. 砂质碎屑流和底流改造——部分传统浊积岩成因新解[J]. 四川地质学报, 1999, 19(4): 266-272.
- [2] 李相博, 卫平生, 刘化清, 等. 浅谈沉积物重力流分类与深水沉积模式[J]. 地质论评, 2013, 59(4): 608-614.
- [3] 陈全红, 李文厚, 郭艳琴, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长组浊积岩体系及油气勘探意义[J]. 地质学报, 2006, 80(5): 657-663.
- [4] 赵俊兴, 李凤杰, 申晓莉, 等. 鄂尔多斯盆地南部长6和长7油层浊流事件的沉积特征及发育模式[J]. 石油学报, 2008, 29(3): 390-394.
- [5] 庞军刚, 李文厚, 石硕, 等. 鄂尔多斯盆地长7段浊积岩沉积演化模式及石油地质意义[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(4): 74-77.
- [6] 张世懋, 丁晓琪. 鄂尔多斯盆地延长组浊积岩特征及其影响因素[J]. 测井技术, 2011, 35(6): 595-598.
- [7] 陈飞, 胡光义, 孙立春, 等. 鄂尔多斯盆地富县地区上三叠统延长组砂质碎屑流沉积特征及其油气勘探意义[J]. 沉积学报, 2012, 30(6): 1043-1052.
- [8] 李相博, 刘化清, 完颜容, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组砂质碎屑流储集体的首次发现[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(4): 19-21.
- [9] 李相博, 付金华, 陈启林, 等. 砂质碎屑流概念及其在鄂尔多斯盆地延长组深水沉积研究中的应用[J]. 地球科学进展, 2011, 26(3): 287-294.
- [10] 邹才能, 赵政璋, 杨华, 等. 陆相湖盆深水砂质碎屑流成因机制及分布特征[J]. 沉积学报, 2009, 27(6): 1066-1075.
- [11] 罗建强, 何忠明. 鄂尔多斯盆地中生代构造演化特征及油气分布[J]. 地质与资源, 2008, 17(2): 136-138.
- [12] 武富礼, 李文厚, 李玉宏, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J]. 古地理学报, 2004, 6(3): 309-315.
- [13] 陈飞, 樊太亮, 高志前, 等. 鄂尔多斯盆地南部上三叠统延长组物源方向与沉积体系分析[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2009, 24(6): 25-28.
- [14] 曹红霞. 鄂尔多斯盆地晚三叠世沉积中心迁移演化规律研究[D]. 陕西西安: 西北大学, 博士论文, 2008.
- [15] SHANMUGAM G, BLOCH R B, MITCHELL S M, et al. Basin-floor fans in the North Sea: sequence stratigraphic models vs sedimentary facies[J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(4): 477-512.
- [16] 傅文敏. 高密度浊流还是砂质碎屑流? [J]. 岩相古地理, 1998, 18(2): 63-70.
- [17] 吝文, 姜在兴, 向树安, 等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田下二叠统下石盒子组盒2及盒3段风暴岩研究[J]. 古地理学报, 2008, 10(2): 168-174.
- [18] BHATTACHARYA H N, BIPLAB BHATTACHARYA, JNDRANIL CHAKREBORTY, et al. Sole marks in storm event beds in the Permian-Carboniferous Talchir Formation, Raniganj Basin, India [J]. Sedimentary Geology, 2004, 166: 209-222.
- [19] DOTT JR R H, BOURGEOIS J. Hummocky stratification: Significance of its variable bedding sequences [J]. Geological Society of America Bulletin, 1982, 93(8): 663-680.
- [20] 陈世悦, 杨怀宇, 李文涛, 等. 贵州紫云地区上泥盆统风暴重力流沉积特征及地质意义[J]. 地质学报, 2010, 84(1): 128-132.
- [21] 高山林, 陈海泓, 龚伟坦, 等. 鄂尔多斯盆地延长组的湖泊风暴沉积[J]. 沉积学报, 1999, 17(增刊): 759-762.
- [22] XUAN LIU, JIANHUA ZHONG, RODNEY GRAPES, et al. Late Cretaceous tempestite in northern Songliao Basin, China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 56: 33-41.
- [23] ZHICHENG ZHOU, WILLEMS H, YUE LI, et al. A well-preserved carbonate tempestite sequence from the Cambrian Gushan Formation, eastern North China Craton [J]. Palaeoworld, 2011, 20: 1-7.
- [24] AIGNER T. Storm Depositional Systems. Lecture Notes on Earth Sciences 3 [M]. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 1985. 174.
- [25] 张哲, 杜远生, 毛志超, 等. 湘东南桂阳莲塘上泥盆系风暴岩特征及其古地理、古气候意义[J]. 沉积学报, 2008, 26(3): 370-375.
- [26] 王建强, 刘池洋, 闫建萍, 等. 鄂尔多斯盆地南部渭北隆起发育时限及其演化[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2010, 46(4): 22-29.
- [27] 李华启, 姜在兴, 邢焕清, 等. 四川盆地西部上三叠统须家河组二段风暴岩沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 81-86.

## **Sedimentary characteristics and storm origin of the sandy debris flow deposits from the Yanchang Formation in the Xunyi region , Ordos Basin : An approach**

GE Yu-zhu , ZHONG Jian-hua , QU Jun-li , SUN Ning-liang , WANG Gui-lin  
(*School of Geosciences , China University of Petroleum , Qingdao 266580 , Shandong , China*)

**Abstract:** The Chang-8 to Chang-6 oil reservoirs from the Yanchang Formation in the southern part of the Ordos Basin belong to the meandering delta-bathyal to abyssal lake deposits with developed gravity flow deposits. These gravity flow deposits were once reported as the turbidity current deposits and sandy debris flow deposits. The latter are supported by the authors on the basis of cores and well logs for the Yanchang Formation in the Xunyi region. These sandy debris flow deposits are originated from the storm processes , and characterized by the storm deposits such as erosional structures , sole casts , wave ripple laminations , wave marks and biological escape traces. The idealized depositional units of storm deposits in the study area consist of the intervals of massive beddings (A) , lag deposits (B) , parallel beddings (C) , hummocky cross-beddings and/or wave ripple laminations (D) , and argillutite (E) , which are involved into three vertical depositional sequences. The approach to the sandy debris flow deposits and storm processes herein is significant to the study of palaeogeography and palaeoclimates and petroleum exploration in the study area.

**Key words:** Xunyi region ; Yanchang Formation ; sandy debris flow deposits ; origin of storms