

颗粒流沉积过程中的同沉积冲刷变形构造

王新征

(中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029)

[摘要] 济阳拗陷坨147井沙三段岩心的颗粒流沉积中,存在一系列特殊的同沉积期变形构造,包括:颗粒流向下侵蚀,并沿纹层面挤入到下伏油页岩层中,形成伸长状的小砂体;砂楔上部的泥页岩薄层在后续流体的冲刷下向后翻卷变形;翻卷片被撕裂、断开混入到颗粒流中,并被流体拖曳变形;变形体被继续拖曳形成脉状分叉的拖曳痕。上述几种现象可以构成一个连续的变化序列,与油页岩的薄互层和颗粒流的流体是形成上述连续变形构造的重要条件。对这种现象的研究,有助于进一步了解重力流的冲刷、沉积过程。

[关键词] 济阳拗陷;颗粒流;冲刷变形构造;砂楔;脉状拖曳痕

[中图分类号] P588.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)03-0013-04

[作者简介] 王新征(1966—),男,山东广饶人,胜利油田高级工程师,中国科学院博士研究生,现主要从事油气资源勘探开发工作。

变形构造是重力流沉积中的一种常见的沉积构造,是由于沉积层内的泄水或滑动、滑塌以及微断裂等作用使层内沉积物质发生移动、改变而形成,是发生在已沉积地层内部的同生期或准同生期的变形构造^[1-6]。笔者在对济阳拗陷坨147井沙三段下部岩心进行沉积相研究时,发现在扇三角洲前缘的颗粒流薄层砂体中,存在几种与冲刷作用有关的以砂楔和拖曳痕为代表的变形构造,并能组成一个较完整的变形序列。这种变形构造是由流体对下伏泥页岩冲刷改造而形成的,与上述沉积期后的变形构造有着明显的不同。

1 冲刷变形构造的沉积背景及特征

1.1 颗粒流的沉积特征

颗粒流是水下重力流的一种,它主要以砂级颗粒间相互摩擦碰撞为支撑机理,以自身重力沿水下斜坡流动的流体。坨147井处于济阳拗陷的东营箕状凹陷北部陡坡带,北邻陈家庄凸起。由于沙河街期的盆地基底沉降快,故扇三角洲、水下冲积扇、包括颗粒流在内的重力流沉积相当发育。

颗粒流所发育的层位为下第三系沙河街组沙三段(ES₃)的中下部,在垂向上其底部主要为单层厚度一般在0.5~1.3m的扇三角洲厚层砂体,辫状河道和泥石流沉积发育;向上过渡为浅湖相暗色泥岩、油页岩夹颗粒流薄层砂岩和少量泥石流含砾杂砂岩;向沙三段中部颗粒流砂体逐渐减薄以至消失,形成单纯的半深湖相厚层油页岩、泥岩,构成水体逐渐加深的退积沉积序列,表明颗粒流的来源与扇三角洲密切相关(图1)。

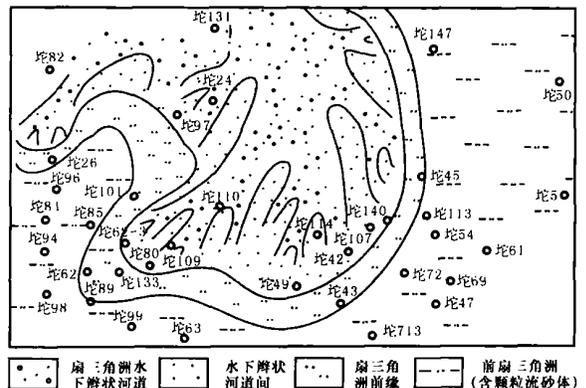


图1 胜坨地区沙三段下部沉积体系

Fig. 1 Sedimentary environment in low 3rd member of the Shahejie Formation in Shengtuo area, Jiyang Depression

在前扇三角洲亚相中,因上部浅水砂体滑塌和再搬运常常形成颗粒流沉积,这些颗粒流沉积往

往较纯净, 杂基含量 $<10\%$ 。

颗粒流沉积的规模并不大, 坨 147 井的岩心中多呈 $<10\text{ cm}$ 厚的薄层状或透镜状中细砂岩, 少数为含砾粗砂岩, 夹在薄层状褐色油页岩中或与其互层。在结构上分选较好, 颗粒支撑, 粒度概率累积曲线上表现为倾角较陡的直线状, 无滚动、跳跃组分的分异。构造上表现为块状或粒序层理, 少数表现为波状交错层理。一般具底冲刷(图 2a)及槽模、沟模, 砂岩顶部泥岩沉积常不发育或较薄。

该段颗粒流沉积砂体主要有两种类型: 其一为层状砂体(在岩心所见范围内), 厚度上一般 $<1\text{ cm}$ 。岩性主要为粉砂岩或细砂岩, 具粒序层理, 明显特征是底冲刷现象不明显, 属正常的(微)沟道前缘或两侧的漫溢扩散沉积, 在岩心中所占比例较小; 其二为代表微型沟道沉积的指状砂体^[7], 底冲刷明显, 在横剖面上呈不规则小透镜状或中薄层状, 部分透镜状砂体形态较扁平, 在横向上宽度可超出岩心的直径(12 cm)。砂岩厚度一般在 $2\sim 20\text{ cm}$, 岩性较粗者厚度也相对较大, 该类型在所研究层段中是主要的砂体类型。

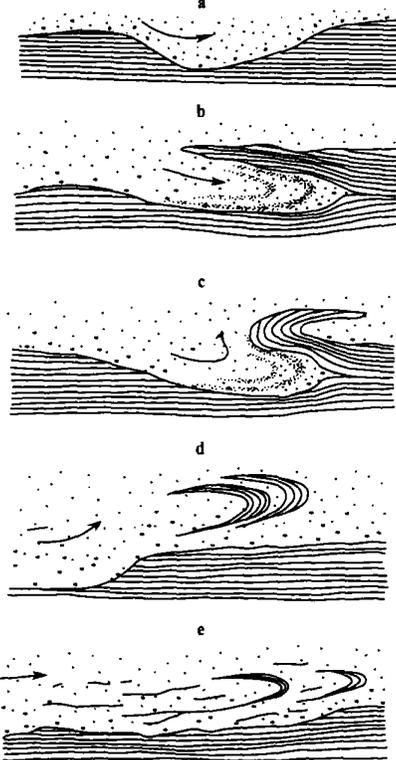


图 2 坨 147 井中的冲刷变形构造

Fig. 2 Scoured deformation structures in well tuo-147

1.2 变形构造的类型及特征

坨 147 井沙三段颗粒流沉积中, 与冲刷作用有

关的拖曳变形构造多出现在 $<5\text{ cm}$ 的薄层砂岩中, 形态多样, 概括起来主要有以下几种:

(1) 下伏油页岩或泥岩层中出现砂楔(图 2b, 图 3)。砂楔形态上似楔状, 前缘较尖, 横向上多呈透镜状, 侵入到泥页岩中。岩心中所见的砂楔厚度一般在 $2\sim 4\text{ cm}$ 之间, 长度多在 5 cm 以内, 但有的可超出岩心的直径(12 cm)。岩性上既可以有中细砂岩, 也可以出现含砾粗砂岩。对其周围的油页岩、泥岩均有不同程度的侵蚀。大多数情况下, 砂楔是顺泥页岩的纹层侵入到泥页岩中的, 而低角度斜交纹层的情况则少见。也偶见及油页岩层面因变形围绕在砂楔周围, 呈管状的形态。砂楔上部被剥离的泥页岩多为片状, 可有一系列小褶曲, 仍与周围泥页岩相连, 但总的方向与岩层面平行。

(2) 砂楔上部的泥页岩薄片部分向后翻卷、倒转(图 2c, 图 4), 翻卷片的长度可小于或大于砂楔的长度, 但厚度一般较薄。翻卷片自身常有弱的变形或错断、撕裂, 在转折端尤甚。

(3) 砂楔上部的泥页岩薄片在根部部分或全部脱离, 形成中部向颗粒流前进方向突出, 两端或一端向砂体中尖灭的新月形泥页岩变形体(图 2d, 图 5)。该变形体所赋存的砂体可呈块状或正粒序层理, 与底部的砂楔构成一个整体, 其间无冲刷。变形体有时沿内部纹层面发生分离而形成数个叠瓦状排列的小变形体, 变形体的长度一般较小, 多在 5 cm 以内。



图 3 砂楔

Fig. 3 Sand wedge



图 4 颗粒流砂体中的翻卷片

Fig. 4 Turned slice in grain flow deposits

(4) 新月形泥页岩变形体的两端或一端逐渐拉长、变细, 变形体自身逐渐变小, 甚至完全混入到颗粒流砂体中, 形成一系列宽度 $< 2\text{ cm}$ 的泥质细脉或条带, 称之脉状拖曳痕(图2e, 图6)。垂向上中间部分泥质条带较粗, 向上向下条带变细, 常成组出现, 波状起伏, 在迎颗粒流进积的一侧可出现分叉, 但总体方向一般平行于层面。在颗粒流垂向沉积序列上, 泥质脉状拖曳痕多发育于粒序层理的中下部, 这与泥页岩变形体粒径较大, 常沿颗粒流底部拖曳流动有关。



图5 颗粒流沉积中的变形体



图6 颗粒流沉积中的脉状拖曳痕

Fig. 5 Deformation body in grain flow deposits

Fig. 6 Vein dragged trace in grain flow deposits

2 成因分析

在上述特征分析的基础上, 结合颗粒流和油页岩沉积和变形特征, 认为该变形层理明显属于沉积期的变形构造。其证据有:

(1) 泥页岩薄片的形成常伴有冲刷作用(见图2)。

(2) 不同期次形成的颗粒流砂岩层之间的油页岩纹层基本无变化(见图2~图4)。

(3) 泥页岩薄片和变形体发育于颗粒流砂岩中, 而砂岩内部纹层一般无明显变形(见图2)。

上述几种拖曳变形构造可以组成一个连续的变化系列, 薄层的颗粒流在沉积物表面流动时, 具有一定的侵蚀能力。在小的侵蚀坑穴中, 一部分砂会借颗粒流流动的能量向下挤进较软的泥质中形成砂楔, 并在后续颗粒流冲刷摩擦所产生的推力作用下, 不断扩大、延长。

观察表明, 砂楔的大小往往与砂岩的厚度有关, 上覆砂层厚, 砂楔也较大。另外, 在岩性上, 砂

楔往往发育于油页岩中, 并且沿纹层面发育, 其原因是页理较易剥离, 砂楔容易沿纹层面侵入。而均匀较厚的泥质沉积物由于自身的塑性较强, 颗粒流向下侵入其中形成砂楔相对较困难。

如果砂楔扩大造成上部的泥页岩薄片向上翘起, 则在后期颗粒流的冲刷下形成部分向前翻卷的翻卷片。一部分泥页岩薄片甚至被撕裂, 在颗粒流的拖曳下形成泥页岩的变形体。由于这些泥质沉积物远未固结, 在被拖曳前进过程中, 泥质质点不断地被磨蚀, 溶入到颗粒流中形成细脉状的拖曳痕。泥质沉积物越疏松, 固结程度越弱, 泥质质点越容易被释放, 则越有利于拖曳痕的形成。

3 研究意义

从以上分析可以看出:

(1) 由泥页岩所构成的翻卷片、变形体、脉状拖曳痕是一个连续的变化系列, 与常见的火焰状构造和有着根本的区别, 也不同于 Sanders (1965)^[6] 所描述的因冲刷而在粘性泥底表面上所形成的泥束, 重力流中常见的撕裂屑其实是该系列的一个笼统术语。

(2) 上述沉积构造表明, 即使是在颗粒流沉积的末端, 砂体厚度很薄的情况下, 颗粒流仍具有一定的侵蚀能力。

(3) 由拖曳痕进一步引申到近岸浊积扇、三角洲水下分流河道沉积中常见的呈脉状分叉的“脉状层理”, 可能并非是由简单的沉积水动力条件变化所形成的, 而是较松散的水下泥质沉积物被冲刷搅起或被拖曳后再沉积的。这种“似脉状层理”有可能成为判断沟道沉积水动力条件的一个重要依据。

(4) 这种冲刷变形构造有助于进一步认识颗粒流乃至重力流的流动和沉积过程, 并为进一步了解流体在流动中对下伏基底侵蚀、冲刷作用的过程和方式提供参考。

[参 考 文 献]

- [1] 冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 等. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- [2] Collinson J D, Thompson D B. 沉积构造[M]. 付泽明, 李惠生译. 北京: 地质出版社, 1998.
- [3] 吴崇筠. 对国外浊流沉积和扇三角洲沉积研究的述评[A]. 中国石油学会石油地质委员会编译. 国外浊流沉积和扇三角洲沉积研究[C]. 北京: 石油工业出版社, 1986.

- [4] Middleton G V, Hampton M A. Sediment gravity flow: mechanics of flow and deposition[A]. In: Middleton G V, Bouma A H. Turbidites and deep water sedimentation[C]. Anaheim: SEPM Pacific sec. Short Course Notes, 1973.
- [5] Lowe D R. Sediment gravity flows: depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1982, 52(1): 279~297.
- [6] Sanders J E. Primary sedimentary structures formed by turbidity currents and related resedimentation mechanics[J]. SPEM Special Publication, 1965, 12: 192~289.
- [7] 王冠民, 吴季泉. 斜坡颗粒流末端可以存在微型沟道[J]. 特种油气藏, 2001, 8(4): 20~22.

Syn depositional scoured deformation structure in grain flow deposition

WANG Xin-zheng

(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Science, Beijing 100029, China)

Abstract: A series of syn depositional deformation structures were developed in grain flow deposition of the third member of the Shahejie formation of well Tuo147, Jiyang depression, including: small extended-sharpe sand (called sand wedge) formed by scouring of grain flow and squeezing of sand into underlying oil shale along limate; turned-over deformation of thin-layered oil shale (called turned-over slice) due to scouring of later flow; deformation produced by tearing up of turned-over slices, and then wrapping into grain flow and being dragged by vein-like branch formed by continuous dragging of the deformation body. These structures can form a continuous deformation sequence. The important factors to form these structure are thin layers of oil shale and grain flow.

Key words: Jiyang depression; grain flow; scoured deformation structure

[英文审定: 苏生瑞]

《西北地质》简介

《西北地质》是由国土资源部主管, 西安地质矿产研究所主办的国内外公开发行的地学类学术期刊(季刊)。《西北地质》坚持党的基本路线, 提倡“双百”方针。《西北地质》主要报道地质科学及其相关领域的基础性、前瞻性和创新性研究成果, 关注地学领域中的热点问题、前沿性研究及边缘学科, 介绍地质大调查过程中重大课题的阶段性和成果。

《西北地质》主要刊登有创新思路及首发性成果的科技论文, 优先发表由国家、省部委重大科技项目及基金资助的重大科研成果。刊登的内容主要包括: 基础地质、资源地质、水文地质与环境地质、数字地质、研究快报、技术与应用、科技综述、科技消息、学术与争鸣等。

《西北地质》为大 16 开本, 逢季末出版。邮发代号: 52-285。每册定价: 15 元, 全年 60 元。原天津非邮发联合征订渠道依然有效。欢迎广大读者到全国各地邮局或天津非邮发联合征订部订阅 2005 年的《西北地质》。

欢迎地学界人士踊跃投稿、订阅!

地 址: 西安市友谊东路 166 号西安地质矿产研究所《西北地质》编辑部

邮 编: 710054 电 话: 029-87821951 E-mail: xbdz@cgsc.gov.cn