第22卷第2期 地 质 与 资 源 Vol. 22 No. 2
2013年4月 GEOLOGY AND RESOURCES Apr. 2013
文章编号:1671-1947(2013)02-0142-06 中图分类号:P588.2 文献标识码:A

永定河沉积特征研究

邓皓匀,吴胜和
(中国石油大学,北京 102249)

摘 要:永定河是华北海河水系的最大支流,在其上、下游的2个河段具有明显的沉积差异.通过对永定河上、下游河段的沉积物岩样的分析,探讨了不同河段的沉积构造类型,从粒度、层理和垂向层序方面,分析了上游至下游沉积特征存在的差异,并结合永定河同一历史时期的河道展布形态,根据辫状河的形成机理,分析了不同河道段的形成原因和演化规律.
关键词:永定河;辫状河;沉积特征;层理;垂向层序

STUDY ON THE SEDIMENTARY CHARACTERISTICS OF THE YONGDING RIVER

DENG Hao-yun, WU Sheng-he
(*China University of Petroleum, Beijing* 102249, *China*)

Abstract: There are obvious differences of deposition between the upstream and downstream of the Yongding River, which is the largest tributary of the Haihe River system in North China. With analysis of sediment samples from the upstream and downstream, this paper discusses the sedimentary structure types at different sections of the river. Based on the analysis of particle size, bedding and vertical sequence, the difference in sedimentary characteristics from the upstream to the downstream are studied. According to the formation mechanism of braided river and channel distribution pattern of the Yongding River in the same historical period, the formation and evolution of different river sections is discussed.
Key words: braided river; sedimentary characteristics; bedding ; vertical sequence; Yongding River

0 引言

永定河是华北海河水系的最大支流,全长548 km,流域5.08×10^4 km^2.由于河流迁徙、容易堆积,受北西向两组基岩断裂及大兴凸起的控制,曾多次摆动迁移,连接了延庆盆地和北京平原.永定河上游三家店至芦构桥段属冲积扇区高坡降辫状河,流程11 km,坡降4%.中下游芦沟桥至西麻庄为冲积平原区低坡降辫状河,流程36 km,坡降0.77%.

近年来,国内外对辫状河储层沉积特征的研究逐渐地倾向于对现代沉积和古代露头的研究[1-4].国内对于永定河的现代沉积研究成果也越来越多.2004年,李树德等[5]研究了永定河古河道后指出,对于每一个沉积旋回,不但在垂向上从下至上沉积物颗粒具有明显的由粗到细的特征,而且在水平向上沉积物颗粒也具有从上游至下游由粗变细的特征.张春生等[6]根据湖盆模拟分析了辫状河砂体的展布特征.廖保方等[7]对中国永定河进行了剖析,分析了辫状河现代沉特征并总结了相模式.

河流相储层占我国东部油气储层的一半以上,因此研究河流相储层具有重要的现实意义.但国内对辫状河的研究多立足于油田实际,而基础性的研究较少.永定河作为中国华北平原重要的辫状河流,在门头沟-卢沟桥段和卢沟桥-河北固安县2个河段具有明显的沉积差异,因此分析永定河不同河段的沉积差异及其形成机理,对比不同类型辫状河的沉积特征,能够丰富辫状河沉积的原型模型,为我国河流相储层的油气开发提供参考依据.

本文选取了位于永定河上游的下苇甸段和位于下

收稿日期:2012-08-21;**修回日期**:2012-09-07.**编辑**:李兰英.
作者简介:邓皓匀(1991—),女,中国石油大学(北京)本科在读,主要方向为石油地质,通信地址 北京市昌平区府学路18号,E-mail//ytfy_92@163.com

万方数据

游的京良公路桥段这 2 个重要采样点(图 1),通过研究对比不同河段的粒度、层理及垂向层序 3 个方面,分析永定河的沉积特沉及其控制因素.

图 1　研究点分布图

Fig. 1　The distribution of studied spots

1　永定河不同河段的沉积特征分析

1.1　粒度分析

了解永定河上、下游的粒度大小和粒度分布,可以进一步分析永定河沉积能量以及水动力条件，由此对比不同河段的沉积差异.

永定河上游下苇甸区属于永定河古河道，该处出露的地层以较粗的辫状河沉积为主，可见大小迥异的鹅卵石,岩性丰富,有变质岩、沉积岩和岩浆岩. 沉积剖面以砾石和砂质沉积为特征,岩性粗,砂泥比值高. 泥质夹层较少,为典型的砾包砂形式. 上游粗砾见图 2.

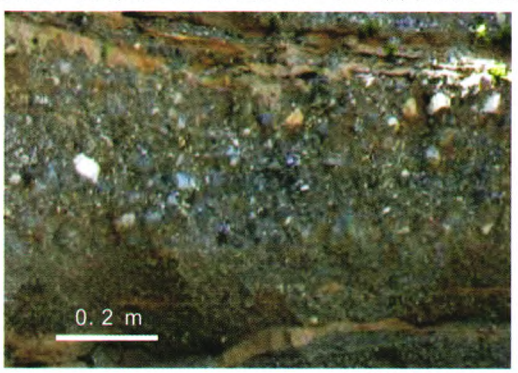

图 2　上游粗砾图

Fig. 2　The coarse gravels in upstream

永定河下游的京良公路桥下的永定河古河道里几乎看不到砾石层,整体为黄色砂泥岩(图 3),只能偶尔看到一些磨圆较好的砾石夹杂在砂岩层中间. 河道里的砂岩层巨厚,几乎整体都是砂岩层,其分选、磨圆非常好. 整个沉积区没有明显的二元结构,但是仍能观察到上细下粗的总体特征. 沉积区整体为黄色砂泥岩,局部含有少量砾石.

图 3　下游中细砂图

Fig. 3　The fine sand in downstream

通过上述分析可知,从永定河上游到下游,岩石的粒度有明显的递减现象,即上游的沉积物粗,下游则较细. 从成因上说,上游段永定河剖面沉积旋回的最底部为粗砾到巨砾,砾石磨圆较好,为次磨圆,向上逐渐变细. 由于处于河流上游,流水速度较快,由密度很高、毫无分选的沉积物组成重力流沉积而成. 旋回中的砾石排列倾向一致,可判断古水流的方向. 京良公路桥段由于水流减慢,坡度较缓,物源距离较远,悬浮搬运的细粒物质逐渐沉积下来. 在洪水期,可见磨圆较好的粗粒物质沉积.

1.2　层理特征

永定河的现代沉积虽未成岩，但已可见清晰的层理. 由于上游下苇甸水动力条件较强，主要沉积为砾石,层理以块状为主. 而中下游的永定河水动力条件相对较弱,主要发育中、粗砂岩,有丰富的层理类型. 其中,大型槽状交错层理、大型板状交错层理及平行层理数量较多. 可见上攀交错层理、板状交错层理、递变层理及丰富的底砾石冲刷面.

1.2.1　永定河下苇甸段

位于永定河上游,其层理剖面(图 4)高约 11.50 m,剖面中主要以砾石的正递变为主. 每一个旋回间夹有薄层的泥质和砂质,发育有小型的平行层理和槽状交错层理. 每一个旋回的厚度为 2.5~3 m,旋回的最底部为粗砾到巨砾,砾石磨圆较好,为次磨圆,向上逐渐变细. 旋回中的砾石排列倾向一致,可判断古水流的方向.

万方数据

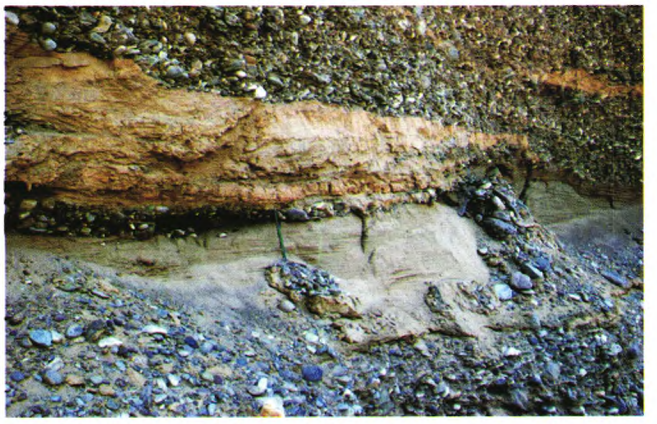

图 4 下苇甸段层理剖面图

Fig. 4 The bedding at Xiaweidian section

该剖面整体为均质层理,泥砂砾混杂,组分和结构没有明显分异现象. 由于处于河流上游, 流水速度较快,则由密度很高、毫无分选的沉积物组成的重力流沉积而成. 剖面中的砾石组合为典型的下粗上细的辫状河垂向序列,下部有小型的槽状交错层理发育,以粗砂岩和砾质砂岩为主,上部可见平行层理. 由于剖面被破坏,所以该点未能仔细观察层理的类型及其形态.

1.2.2 京良公路桥段

位于永定河下游,剖面较丰富,可见保存良好的平行层理和槽状交错层理单独出现. 层理内部可见小的粒度旋回,说明在大的水动力条件不变的情况下,有小的水流变化.

1)大型槽状交错层理-平行层理剖面组合

图 5 所示为京良公路桥段层理剖面组合. 该点的槽状交错层理和平行层理交互出现, 向上粒度有规律地变化. 槽状交错层理层系角度大约 15°. 在不同的层理之间,可见一层薄的砾石冲刷面. 由交错层理与平行层理的频繁变化以及多层砾石冲刷面的存在, 可知此处有多起洪水作用, 并且水动力条件有明显能量强弱的交替变化和冲刷作用.

2) 板状交错层理-槽状交错层理-平行层理剖面组合

图 6 为京良公路桥段板状交错层理-槽状交错层理-平行层理组合剖面图. 该剖面中下部的板状交错层理和槽状交错层理由中粗砂组成, 上部的平行层理由中细砂组成,可见一些细砾悬浮其中. 由中下部向上粒度逐渐变细,层理规模减小,表现为正韵律特征. 层理中间的底砾石冲刷面,代表着水动力条件的改变.

3)上攀交错层理-平行层理剖面组合

上攀交错层理是砂波迁移的产物. 此处的上攀交错层理发育规模不大,但可见清晰的层系界面. 层系倾角约 17°,纹层斜交于层系界面,大约呈水平方向. 下覆平行层理,纹层有较小的倾角(图 7).

该剖面由中细粒砂组成,上部被破坏,但可见小的递变层理, 冲刷面清晰. 下部平行层理代表着急流环境,流水能量较高,沉积较厚,占整个剖面的 1/2. 向上过渡为上攀交错层理, 形成于搬运水流的悬浮载荷与低载荷比率近于相等时. 上部的递变层理沉积较薄,砾石悬浮于中细粒砂中,向上逐渐变细,可能由重力流沉积形成. 该剖面的形成环境由河道的高能环境逐渐变为浊流沉积环境或河流的边滩上部、泛滥平原等,具体尚需进一步探究.

4)递变层理

图 8 为递变层理剖面图. 该剖面的递变层理层系厚度在 5 cm 左右,全层均有细粒物质分布,粒度向上均匀变细,由中砾到细砾到中粗粒的砂,可见 5~6 层

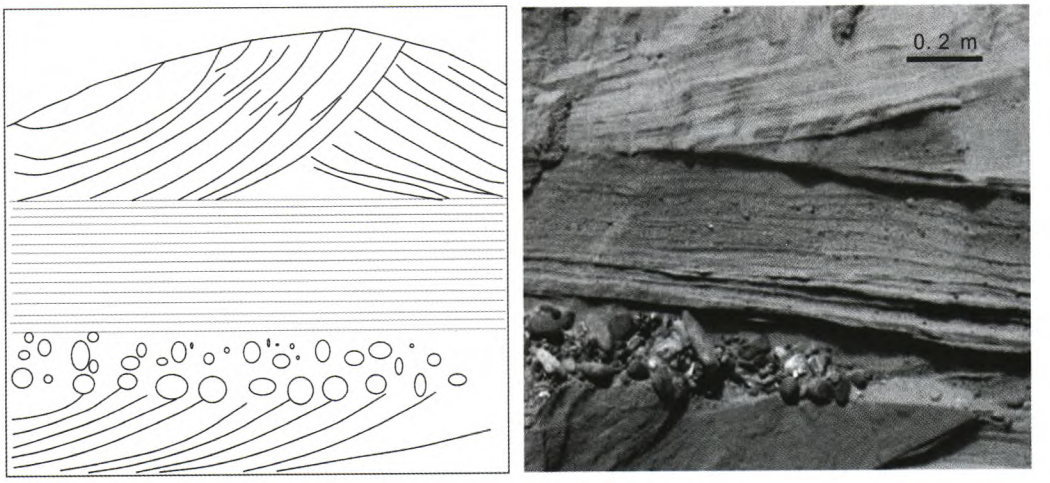

图 5 大型槽状交错层理-平行层理剖面图

Fig. 5 The profile of large trough cross-parallel beddings

万方数据

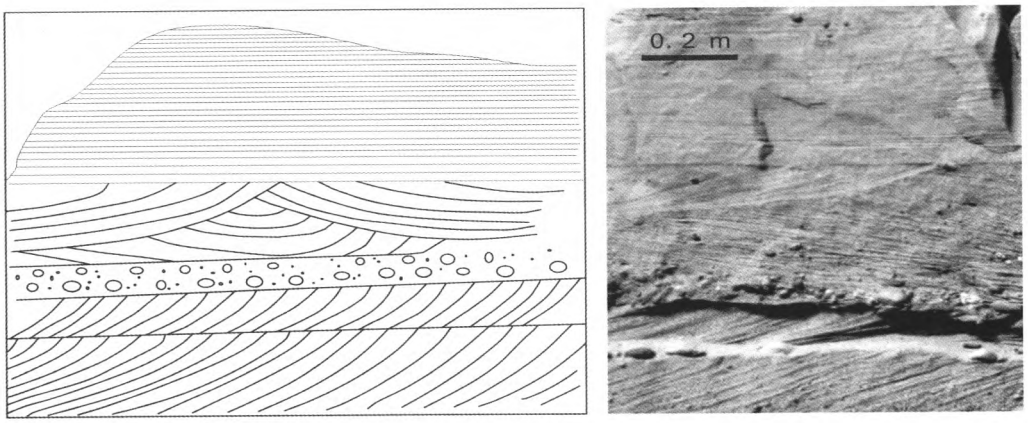

图 6　板状交错层理-槽状交错层理-平行层理组合剖面图

Fig. 6　The profile of tabular cross-trough cross-parallel beddings

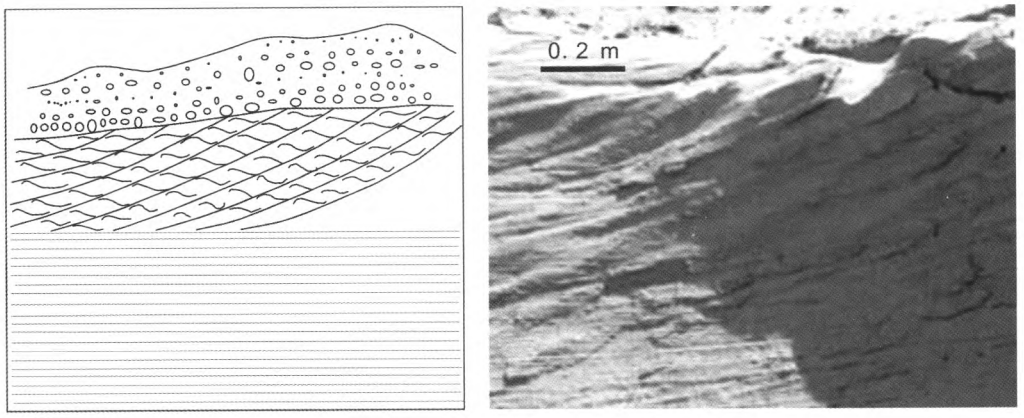

图 7　上攀交错层理-平行层理组合剖面图

Fig. 7　The profile of climbing cross-parallel beddings

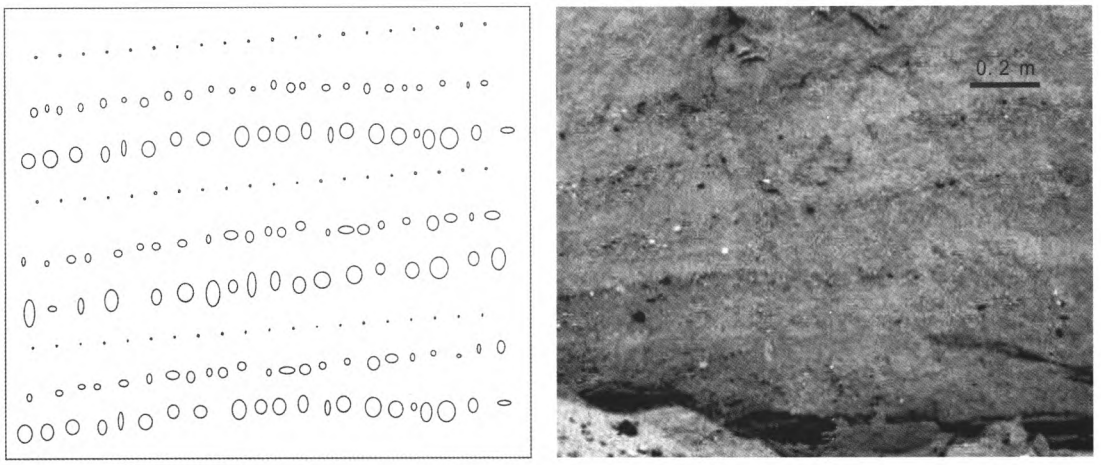

图 8　递变层理剖面图

Fig. 8　The profile of graded bedding

的旋回. 粒度变细,反映水动力条件的周期性减弱.

1.2.3　层理成因分析

1)地域成因:上游常见粗砾石印证了其于物源区较近的特征,而下游由于搬运作用在交错层理底界面,可见明显的底砾石冲刷面.

2)环境成因:平行层理主要发育在砂岩中,由于在平坦砂床上连续滚动的沙粒产生粗细分离而显现的平行纹层形成,槽状层理是由于砂体在陡坡加积作用一侧形成了由一系列纹层组成的斜层系,斜层理互相切割形成了槽状交错层理.

万方数据

2 垂向层序分析

从永定河沉积体沉积物特征、垂向砂体组合及粒度分析可以看出，永定河沉积体在不同河段表现出不同的沉积特征. 辫状河河床宽浅，河道反复分叉合并，受不稳定水流作用河道易废弃改道，所以观察区内广泛发育河床亚相. 根据其沉积特征，可进一步划分为河床亚相的 2 个微相：河床滞留沉积和心滩微相.

2.1 下苇甸部位沉积剖面分析

永定河上游下苇甸采石坑剖面为近似垂直水流方向的剖面，如图 9 所示. 在垂向上表现为两期沉积，单一期次表现为二元结构.

第一期沉积表现为河床亚相的心滩微相. 其主要以粗砂、细砾岩为主，心滩内部发育局部连片的粉砂岩薄层，侧向延伸距离短，一般 5~10 m. 心滩形成后，冲刷面由砾石等粗碎屑物质为主填充覆盖至第二期沉积. 在此期间由于河床中水流的选择性搬运，将呈悬浮搬运的细粒物质带走，而将上游搬来的或就近侧向侵蚀河岸形成的砾石等粗碎屑物质滞留在河床底部，进而演变为河床滞留沉积.

第二期底部主要由砂砾岩构成，厚度较大，属于河床底部滞留沉积. 砾石分选差，粒度 2~20 cm，磨圆较差，为次棱角状. 砾石整体呈叠瓦状排列，且向上粒度逐渐变小. 二元结构的顶部为灰黄色的粉砂质黏土，局部含有少量的泥岩层. 粉砂质黏土层厚度较小，属于泛滥平原沉积，主要是大量细粒的悬浮物质在洪泛期垂相加积作用形成.

永定河在下苇甸段的垂向层序上具有以下特点.

1)相比于曲流河的二元结构，其底层粗粒发育良好，厚度较大，而顶层细粒发育厚度较小.

2)地层沉积的粒度粗，成分和结构成熟度较低，发育砂砾岩.

2.2 京良公路桥段沉积剖面分析

第一期沉积主要为薄层粗砾以下厚层泥质沉积. 第二期沉积由砾石填充之后，层理主要为槽状交错层理和平行层理交互出现，岩性以中细粒为主的沉积组合. 向上粒度有规律地变化. 在不同的层理之间，可见一层薄的砾石冲刷面. 由交错层理与平行层理的频繁变化以及所观察到的多层的砾石冲刷面，可知此处有多起洪水作用，并且水动力条件有明显能量强弱的交替变化和冲刷作用.

永定河在京良公路桥段的垂向层序上具有以下特点.

1)发育由河道迁移形成的各种类型层理，如明显的平行层理、巨型槽状交错层理及单组大型板状交错层理.

2)相比于曲流河不发育边滩沉积，但广泛发育心滩沉积.

3 沉积特征的控制因素

3.1 物源距离

永定河上游下苇甸段与下游京良公路桥段直线距离 32.2084 km. 下苇甸段位于北京市门头沟区妙峰山，属于上游山区，离物源较近. 物源主要为大块的砾石，砾石成叠瓦状排列，指示水流方向. 下游京良公路桥段离物源远，水动力条件较弱，粗大砾石在中上游沉积下来，下游主要为中细粒的砂.

3.2 坡度

上游下苇甸段海拔较高，坡降较大，为 4%，四周

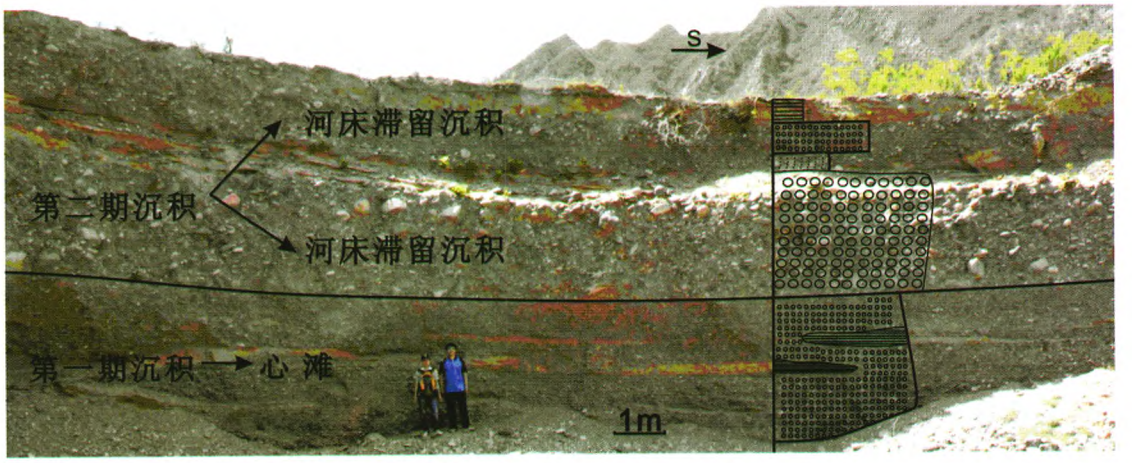

图 9 下苇甸沉积环境垂向剖面图

Fig. 9 The profile of sedimentary environment at Xiaweidian

万方数据

地形较陡,水浅流急,有利于大型砾石的沉积及上粗下细的二元结构的形成. 下游京良公路桥段海拔较低,坡降较小 0.77%,四周地形开阔平缓,水深流缓,有利于中细粒砂的沉积及中小型交错层理和递变层理的的形成.

4　结论

1)永定河上游至下游沉积特征存在的差异如下.

①从粒度上来说,由上游大部分的砾石沉积变为下游中细砂的沉积.

②从层理上来说,上游段整体为均质层理,发育有大型的平行层理和交错层理的旋回变为下游小型交错层理和递变层理的组合.

③从垂向层序上来说,上游底部为粗砂细砾组成的心滩亚相, 上部为粗粒组成的河床滞留沉积. 下游多为各种小型层理的组合, 沉积物分选及成熟度较高.

2) 永定河上游至下游沉积特征的差异受到物源距离和坡降的影响.

参考文献:

[1]Thorne C R, Russell A P G, Alam M K. Planform pattern and channel evolution of the Brahmaputra River, Bangladesh [A]//Best J L, Bristow C S, eds. Braided Rivers, Geological Society Special Publication No.75, 1993:257—276.

[2]Ashworth P J, Best J L, Roden J E, et al. Morphological evolution and dynamics of a large, sand braid-bar, Jamuna river, Bangladesh[J]. Sedimentology, 2000, 47: 533—555.

[3]朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社, 2008.

[4]蔡向民,郭国轩,栾英波,等. 永定河形成时代研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30(1): 167—174.

[5]李树德,袁仁茂,吕红华,等. 北京地区新近沉积土不同沉积相的工程地质特性及其评价[J]. 北京大学学报, 2004, 40(1): 139—143.

[6]张春生,周海彬,李力,等. 沮漳河现代沉积研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(3): 66—73.

[7]廖保方,张为民,李列,等. 辫状河现代沉积研究与相模式——中国永定河剖析[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 34—39.

(上接第 124 页 /*Continued from Page* 124)

参考文献:

[1]吴青鹏,谭开俊,牟中海,等. 陆东地区构造几何学和构造运动学分析[J]. 西南石油学院学报, 2004, 26(5): 14—17.

[2]赵玉光. 准噶尔盆地西北缘二叠纪沉积岩相模式[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(5): 397—401.

[3]丘东洲. 准噶尔盆地西北缘三叠-侏罗系隐蔽油气圈闭勘探[J]. 新疆石油地质, 1994, 15(1): 1—9.

[4]康玉柱. 新疆三大盆地构造特征及油气分布[J]. 地质力学学报, 2003, 9(1): 82—94.

[5]李德江,杨俊生,朱筱敏. 准噶尔盆地层序地层学研究[J]. 西安石油大学学报:自然科学版, 2005, 20(3): 15—17.

[6]方世虎,贾承造,郭召杰,等. 准噶尔盆地二叠纪盆地属性的再认识及其构造意义[J]. 地学前缘, 2006, 13(3): 108—121.

[7]张满郎,张琴,朱筱敏,等. 准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗系层序地层学研究[J]. 古地理学报, 2002, 2(3): 27—36.

[8]张冬玲,鲍志东,杨文秀. 准噶尔盆地侏罗系层序地层格架的建立及主控因素分析[J]. 大庆石油学院学报, 2005, 29(2): 10—12.

[9]贺振建,蒋光秀,贾凤华,等. 济阳坳陷古近纪孢粉与层序地层[J]. 地层学杂志, 2007, 31(4): 407—414.

[10]刘顺生,焦养泉,郎风江,等. 准噶尔盆地西北缘露头区克拉玛依组沉积体系及演化序列分析[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(6): 485—489.

[11]Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure[A]//In: Bally A W, ed. Atlas of seismic stratigraphy. AAPG, Studies in Geology, 1987, 27: 1—10.

[12]Walter W W, Jim Z W, Vail P R. Three components of sequence stratigraphy [A]. Gulf Coast Association of Geological Societies, 1992.

[13]顾家裕,张兴阳. 陆相层序地层学进展与在油气勘探开发中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(5): 485—490.

[14]操应长,姜在兴,夏斌. 陆相断陷湖盆 T-R 层序的特点及其控制因素——以东营凹陷古近系沙河街组三段层序地层为例[J]. 地质科学,2004, 39(1): 111—122.

[15]董清水,刘招君,方石,等. 论陆相层序地层学四分方案的可行性[J]. 沉积学报, 2003, 21(2): 324—327.

万方数据