

文章编号: 1000-0550(2010) 03-0434-07

# 鄂尔多斯盆地富县地区延长组物源体系分析<sup>①</sup>

吴立群<sup>1</sup> 焦养泉<sup>1 2 3</sup> 杨琴<sup>4</sup> 张承泽<sup>5</sup> 杨生科<sup>1</sup>

(1 中国地质大学资源学院 武汉 430074; 2 构造与油气资源教育部重点实验室 武汉 430074;

3. 生物地质与环境地质教育部重点实验室 武汉 430074 4. 中国地质大学地球物理与空间信息学院 武汉 430074

5. 中国石油塔里木油田公司 新疆库尔勒 841000)

**摘要** 物源问题一度成为制约富县地区延长组油气勘探的焦点。作者充分利用了研究区的野外露头、钻孔资料和地震资料,系统分析了能够用于指示古物源方向的 6 种关键参数——实测古水流方向、砂体展布走向、极端暴露标志(煤)和覆水标志(油页岩)空间分布规律、重矿物组合分异特征、三角洲沉积体系前积结构(地震剖面)、鄂尔多斯盆地区域古构造—古地理特征等。综合研究表明,富县地区晚三叠世延长组的沉积物来自于盆地东北部,研究区不存在南部物源体系。

**关键词** 延长组 物源体系 富县 鄂尔多斯盆地

**第一作者简介** 吴立群 女 1979 年出生 博士研究生 沉积学 E-mail: lqw@cug.edu.cn

**中图分类号** TE121.3 **文献标识码** A

晚三叠世的鄂尔多斯盆地是中国西部一个大型含能源前陆盆地,其沉降中心平行于秦岭造山带且位于盆地南缘和西南缘一带<sup>[1-3]</sup>。本文的详细研究区——富县地区位于鄂尔多斯盆地南部,距离秦岭造

山带南缘约 200 km(图 1)。多年来,人们对富县地区延长组沉积物的来源方向存在着争论。一部分学者认为主要来自于北部的阴山山脉<sup>[4-9]</sup>,而另一部分学者则认为既有来自于北部阴山山脉的沉积物,也有

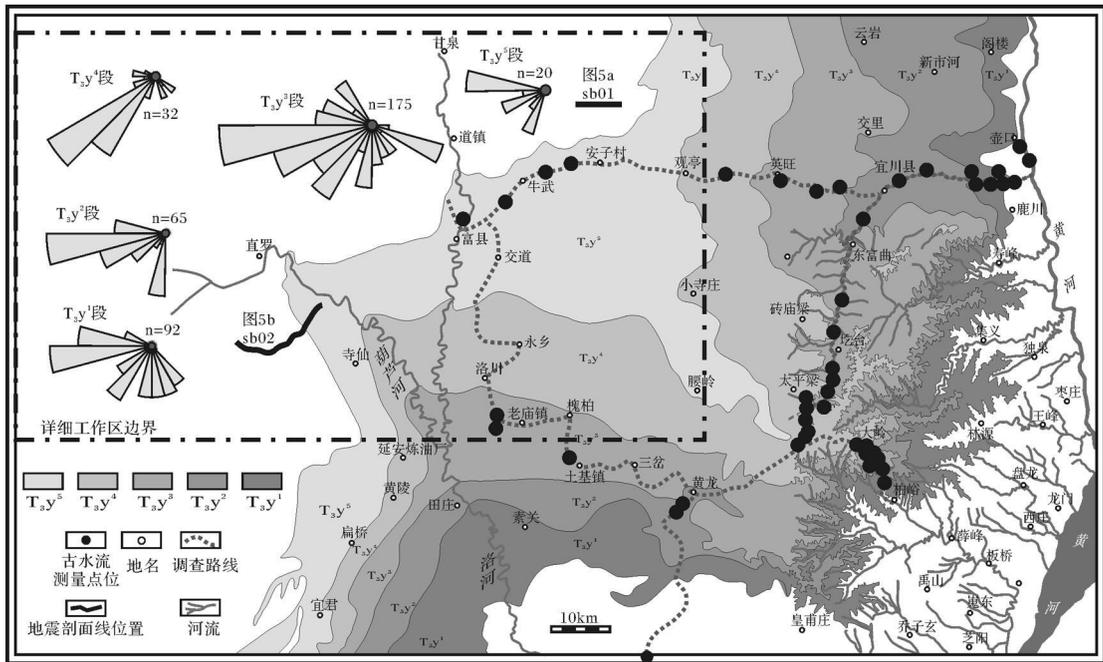


图 1 详细研究区位置及其外围延长组露头古水流测量图

( $T_{3y^1}$  - 相当于长 10 油层组,  $T_{3y^2}$  - 相当于长 8+9 油层组,  $T_{3y^3}$  - 相当于长 4-7 油层组,  $T_{3y^4}$  - 相当于长 2+3 油层组,  $T_{3y^5}$  - 相当于长 1 油层组)

Fig 1 Detailed study area position and actual measured paleocurrent directions of Peripheral Yangchang Formation outcrop

<sup>①</sup>国家重点基础研究发展计划项目(编号: 2003CB214603)、国家自然科学基金项目(批准号: 40802023、40772072)、中原油田分公司勘探开发科学研究院合作项目联合资助。

收稿日期: 2009-06-24 收修改稿日期: 2009-07-23

来自于南部秦岭造山带的沉积物, 甚至存在东部物源<sup>[10-13]</sup>。众所周知, 物源问题直接影响着油气储层的评价, 是油气勘探部署的关键地质因素。基于此, 作者充分利用了研究区的钻孔资料和地震资料, 以及研究区外围的露头资料(图 1), 以延长组系统的砂体展布分析为核心, 并辅佐以重矿物组合、典型的暴露与覆水标志、地震终端反射结构、露头古水流测量以及区域古构造地貌背景等信息, 综合分析认为晚三叠世富县地区的沉积物主要来源于盆地东北部。

### 1 露头古水流测量展示的物源方向

在研究区及其东部和东南部, 沟壑纵横, 延长组出露良好, 而且其地层接近水平, 这为古水流测量提供了良好的条件。通过穿越三条野外考察路线, 按照  $T_3y^1 \sim T_3y^5$  五个地层单元, 逐层对大型槽状交错层理的槽轴倾伏向、水流线理走向、大型河道走向和三角洲的前积结构方向等进行了系统测量, 获得实际测量数据 384 个。古流玫瑰花图所显示的优势古水流方向为  $180^\circ \sim 285^\circ$ , 这说明延长组的古物源位于研究区的东北部(图 1)。

### 2 砂体展布展示的物源方向

在油气勘探活动中, 开展砂体展布分析的主要目

的在于储层预测, 其实砂体展布研究也是标定物源方向的重要方法。在详细研究区, 对延长组中部长 8 油层组—长 2 油层组进行了系统的砂体展布编图(图 2)。编图结果显示, 详细研究区砂体展布的发育空间具有较好的继承性, 以北道德—张村驿一线为界可以分为东部和西部两个朵体。东部朵体位于牛武—富县—寺仙一带, 在牛武地区无论是砂体宽度还是厚度均较大, 而在寺仙地区则相对窄而薄。西部朵体位于直罗镇—槐树庄农场一带, 呈条带状展布, 在直罗镇地区砂体厚度大, 而在槐树庄农场地区则较薄。两个朵体总体展布方向为北东—南西向, 对 6 个油层组 10 个编图单位 18 个砂体走向的统计结果显示, 该区砂体展布的优势走向为  $215^\circ$ 。该方向与野外古水流测量结果相吻合。

### 3 极端暴露与覆水标志展示的物源方向

在野外露头和钻孔岩心的研究过程中, 延长组上部的煤线及其与之相伴生的根土岩比较常见, 因此延长组的煤可以被看成是一种极端的暴露标志。与极端暴露标志相对应的另外一种沉积物产物——油页岩可以被看成是一种极端的覆水标志。通过对两种极端标志——煤及油页岩厚度图的编制, 应该能够指

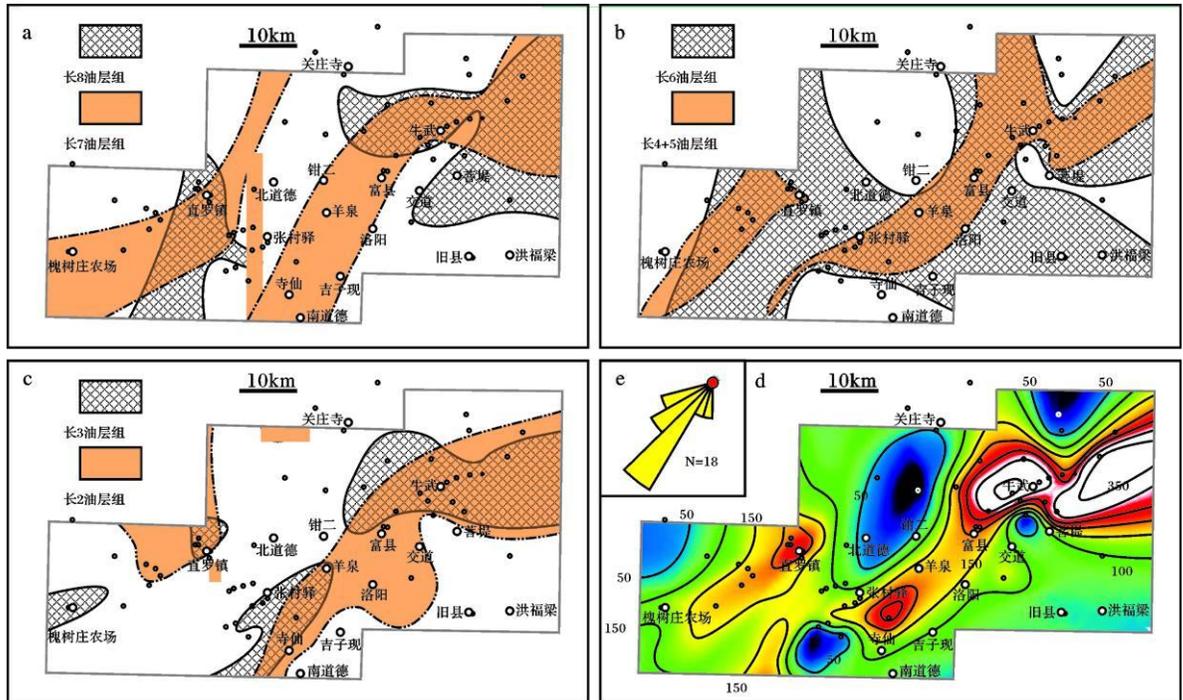


图 2 研究区延长组砂体展布图

a, b, c 各油层组大于 25m 的砂体累积厚度图; d 长 8 油层组到长 2 油层组的砂体累积厚度图(单位: m); e 长 8 油层组到长 2 油层组砂体走向玫瑰花图

Fig. 2. Sandbody distribution in the study area

示陆地与湖泊的相对位置。地层对比和平面编图发现,研究区从长 8 油层组到长 6 油层组,油页岩相对发育,主要位于研究区南部张村驿—寺仙一带,在垂向上规模逐渐变弱,除长 6 油层组有微弱的聚煤作用外,其它两个油层组未见聚煤作用(图 3a~ d)。聚煤作用主要出现于长 6 油层组到长 2 油层组,绝大部分位于研究区东北部牛武、钳二、洛阳及其以北地区,在

垂向上聚煤作用逐渐加强且具有逐渐向西南部扩大的趋势,从长 4+ 5 油层组到长 2 油层组缺少油页岩(图 3d~ h)。两种极端标志的空间发育与分布规律,以及在垂向上的演化规律表明:①研究区自长 8 油层组到长 2 油层组湖泊具有逐渐变浅的演化过程;②研究区的陆地位于北部,而湖泊位于研究区南部。

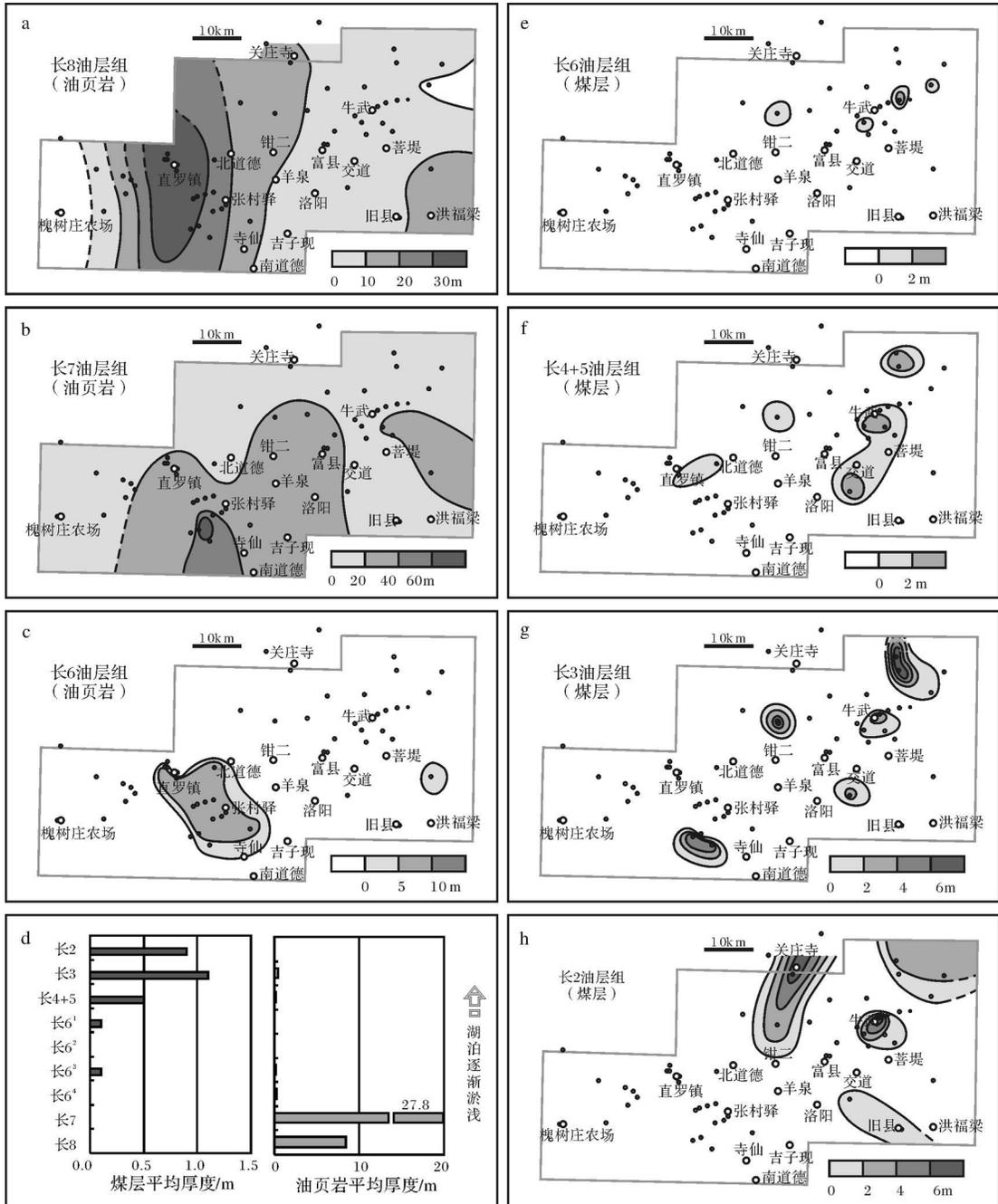


图 3 研究区长 8 油层组—长 2 油层组中油页岩和煤层的厚度变化图

Fig 3 The oil shale and coal seam thickness change of Chang 8 oil-bearing formation

to Chang 2 oil-bearing formation in the study area

### 4 重矿物组合展示的物源方向

在研究区,对长 8 油层组和长 6 油层组的重矿物组合进行了分析。长 8 油层组稳定重矿物组合 (锆石 + 电气石) 在平面上总体具有由东北部向西南部增高的分布规律性,牛武地区含量仅为 0.27%,但到直罗镇及南道德地区其含量已达到 77.9% (图 4a),据此推测长 8 油层组重矿物 (沉积物) 主要是由东北部向西南部方向运移的。如图 4b 所示,研究区长 6 油层组重矿物组合 (锆石 + 电气石 + 锡石) 的平面分布形态总体上继承了长 8 油层组的格局,但是北部的影响明显增强,指示了沉积物主要来源于北部和东北部。

从区域资料上来看,为延长组提供物源的母源可能为阴山造山带中的太古界片麻岩<sup>[5]</sup>。阴山造山带

中的太古界片麻岩为一套花岗质富含锆石的片麻岩,分布面积广泛,这与长 8 油层组和长 6 油层组的主要重矿物资料相吻合。因此,盆地北部的阴山造山带是晚三叠世鄂尔多斯盆地的主要物源区之一。

### 5 地震终端反射结构展示的物源方向

地震剖面的内部终端反射结构尤其是前积结构具有指示古水流方向的作用。在研究区,通过对有限的地震资料的研究发现,在长 8 油层组 (图 5a) 和长 6 油层组 (图 5b) 中均记录了典型的前积结构,该反射结构被解释为三角洲沉积体系的进积结构。地震剖面记录的三角洲沉积体系进积方向与砂体展布走向以及野外实测古水流方向总体一致,这是指示研究区物源来自北东方向的又一重要证据。

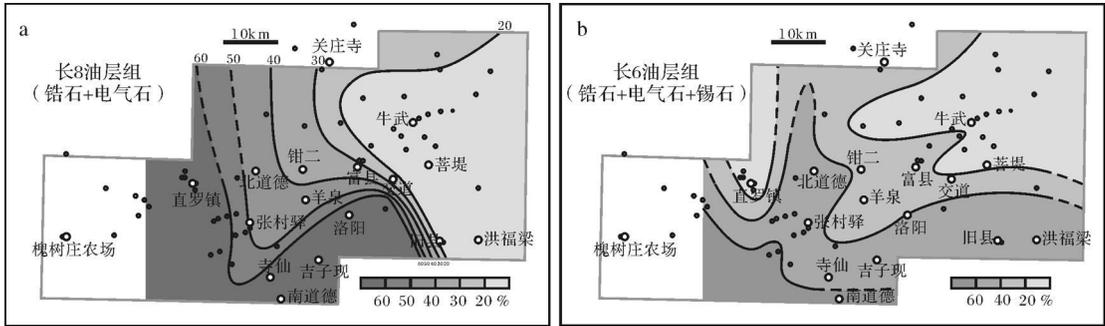


图 4 研究区典型层位重矿物组合因子计量等值线图

Fig 4 The isolinemaps of heavy mineral assemblage factor measurement of typical horizons in the study area

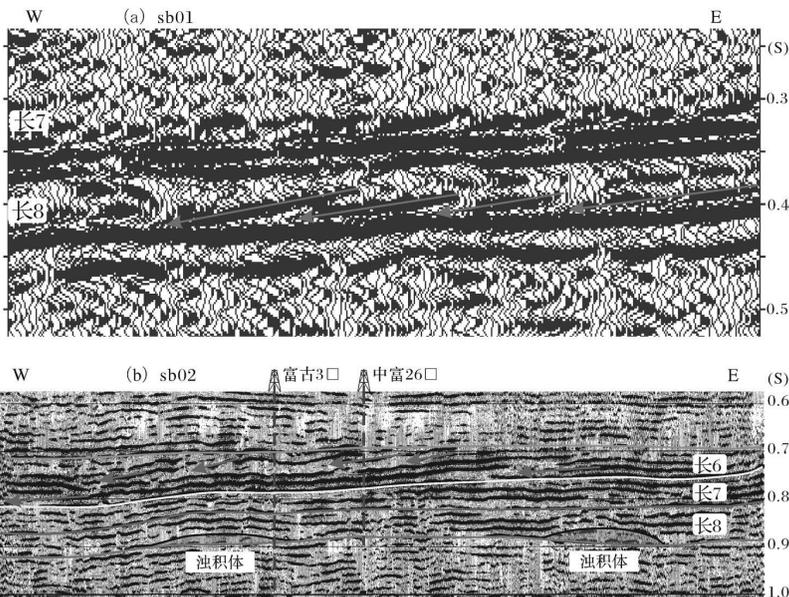


图 5 长 8 油层组 (a) 和长 6 油层组 (b) 内部的三角洲沉积体系进积结构 (剖面线位置见图 1)

Fig 5 The foreset structures of delta depositional system in Chang 8 oil-bearing formation (a) and

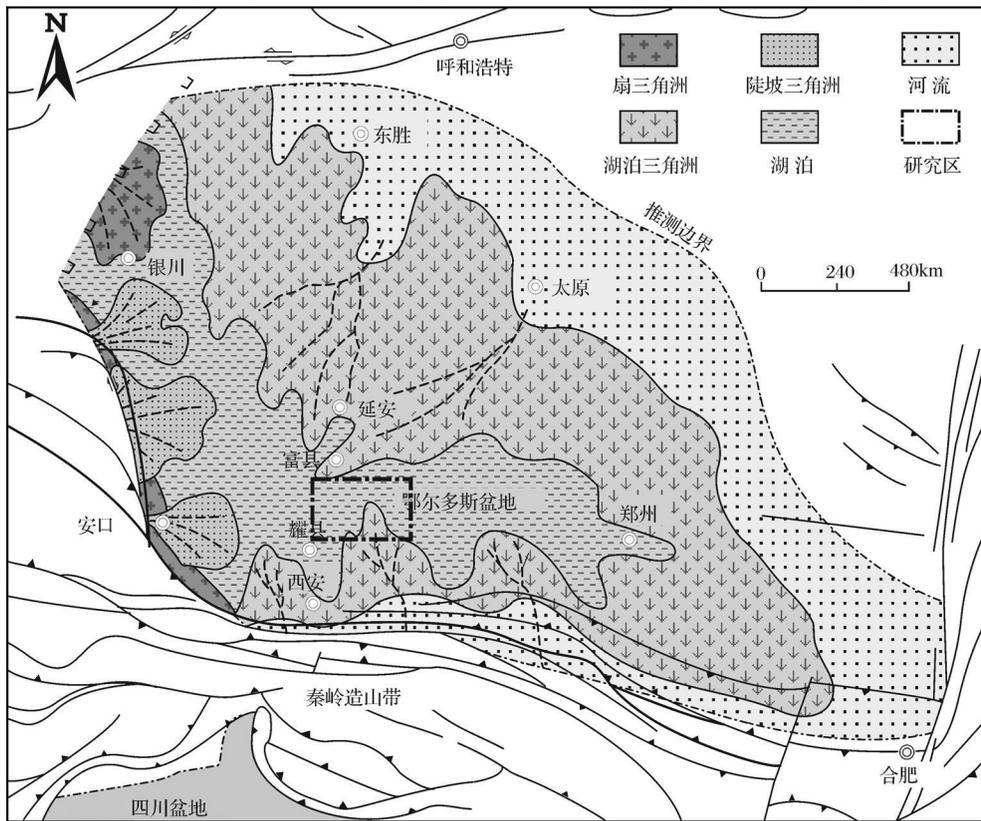


图 6 鄂尔多斯盆地晚三叠世中期古构造—古地理图 (据 Jiao Yangquan 等, 1997 修改)

Fig. 6 The paleotectonic and paleogeographic graph of the middle-late Triassic in Ordos basin

## 6 区域古构造—古地理展示的宏观物源方向

研究区的古水流走向取决于其在盆地中的古地理位置。晚三叠世的鄂尔多斯盆地与秦岭造山带同步发育,盆地西缘和西南缘为逆冲和逆冲—走滑背景,盆地东北缘处于被动沉降区,属于大型的缓坡边缘<sup>[3]</sup>。盆地沉降中心受控于盆缘的逆冲和逆冲—走滑断裂,因此盆地沉降中心呈弓型紧贴西缘和西南缘(图 6)。

晚三叠世,鄂尔多斯盆地的古地理环境与其构造背景相对应。在断裂边缘(西缘—西南缘—南缘)发育了冲积扇体系和陡坡三角洲沉积体系,其中在安口一带堆积了 3 200 m 厚的陡坡三角洲和湖泊沉积<sup>[14]</sup>。在被动的缓坡边缘(东北缘)发育了大型的河流—三角洲沉积体系。在盆地的沉降中心发育了深水湖泊沉积体系,它们呈弓型、平行于盆地西南缘和南缘(图 6)。

区域的野外调查发现,富县以南的耀县柳林镇处于盆地的深湖区,此处灰色的富含淡水动物化石的延

长组巨厚的湖泊泥岩直接不整合于杂色的二马营组(中三叠统)之上。从现有保存的记录来看,耀县地区基本上处于晚三叠世盆地沉降中心附近,它应该是东北部缓坡边缘与南部陡坡边缘的大致分界线(图 6)。显而易见,研究区总体位于盆地东北缓坡边缘的南端,处于大型三角洲的末端,因此研究区的沉积物应该来源于东北部(图 6)。

## 7 认识与结论

在研究区,实测古水流方向、砂体展布走向、极端暴露标志和覆水标志空间分布规律、重矿物分异特征、三角洲沉积体系前积结构方向、区域古构造—古地理特征等能指示古水流方向的系列标志均具有完全一致的走向——即北东—南西向,这表明富县地区延长组的物源来自于盆地东北部(区域上为鄂尔多斯盆地北部的阴山造山带),研究区不存在南部物源体系。

致谢 研究工作得到了中原油田分公司勘探开发科学研究院的大力支持,同时得到了吕延仓、谈玉明、马维民和杨士恭等专家的指导,在此一并致谢。

## 参考文献 (References)

- 1 Li Sitian, Yang Shigong, Tomasz Jerzykiewicz. Upper Triassic-Jurassic foreland sequences of the Ordos Basin in China: a stratigraphic evolution of foreland Basins [J]. *SEPM Special Publication*, 1995, 52: 233-241
- 2 焦养泉, 李思田, 卢宗盛, 等. 晚三叠世秦岭碰撞造山作用在鄂尔多斯盆地中的响应 [C]// 李思田主编, 中国东部及邻区中、新生代盆地演化及地球动力学背景 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 87-102 [ Jiao Yangquan, Li Sitian, Lu Zongsheng *et al*. The response of Qinling orogenic collision of Late Triassic in the Ordos Basin [C]// Li Sitian. *The Mesozoic-Cenozoic basin evolution and geodynamic setting in Eastern China and adjacent areas*. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 87-102 ]
- 3 Jiao Yangquan, Lu Zongsheng, Zhuang Xinguo *et al*. Dynamic process and genesis of Late Triassic sediment filling in Ordos Basin [J]. *Journal of China University of Geosciences*, 1997, 8(1): 45-48
- 4 Jiao Yangquan, Lu Zongsheng, Zhuang Xinguo *et al*. Sedimentation response to Late Triassic Qinling collision in Ordos Basin [J]. *Beijing 30th IGC Abstracts*, 1996, 1(3): 342
- 5 Brian J.D., Gregory A.D., Zheng Y.D. Structural evolution of the southwestern Daqing Shan-Yinshan belt, Inner Mongolia, China [J]. *Geological Society of America*, 2001, Memoir 194: 199-214
- 6 宋凯, 吕剑文, 杜金良, 等. 鄂尔多斯盆地中部上三叠统延长组物源方向分析与三角洲沉积体系 [J]. *古地理学报*, 2002, 4(3): 59-66 [ Song Kai, Lv Jianwen, Du Jinliang *et al*. Source direction analysis and delta depositional systems of Yanchang Formation of the upper Triassic in the central Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2002, 4(3): 59-66 ]
- 7 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 88-109 [ He Zixin. *Ordos Basin Evolution and Its Oil and Gas* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 88-109 ]
- 8 吴志宇, 赵虹, 李文厚. 安塞地区上三叠统延长组沉积体系研究 [J]. *煤田地质与勘探*, 2005, 33(6): 13-16 [ Wu Zhiyu, Zhao Hong, Li Wenhou. Sedimentary system of Upper Triassic Yanchang Formation in Ansai area [J]. *Coal Geology & Exploration*, 2005, 33(6): 13-16 ]
- 9 杨华, 田景春, 王峰, 等. 鄂尔多斯盆地三叠纪延长组沉积期湖盆边界与底形及事件沉积 [M]. 北京: 地质出版社, 2009: 90-127 [ Yang Hua, Tian Jingchun, Wang Feng *et al*. *Lake Boundary and Bedform and Event Deposits of the Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 90-127 ]
- 10 谢渊. 鄂尔多斯盆地富县探区上三叠统延长组层序地层与储层研究 [D]. 成都理工大学, 2002 [ Xie Yuan. *Sequence Stratigraphy and Hydrocarbon Reservoirs of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Fuxian Prospect Area of the Ordos Basin* [D]. Chengdu University of Technology, 2002 ]
- 11 王桂成, 马维民, 赵虹, 等. 鄂尔多斯盆地富县探区三叠系延长组沉积特征 [J]. *西北大学学报: 自然科学版*, 2003, 33(5): 608-612 [ Wang Guicheng, Ma Weimin, Zhao Hong *et al*. Depositional feature of Tertiary Yanchang Formation of Fuxian exploratory area in Ordos Basin [J]. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2003, 33(5): 608-612 ]
- 12 谢渊, 王剑, 刘家铎, 等. 鄂尔多斯盆地东南部延长组湖盆致密砂岩储层序地层与油气勘探 [M]. 北京: 地质出版社, 2004: 30-45 [ Xie Yuan, Wang Jian, Liu Jiaduo *et al*. *Tight Sandstone Sequence Stratigraphy and Oil-Gas Exploration of Lake Basin of Yanchang Formation in the Southeastern of Ordos Basin* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 30-45 ]
- 13 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, 8(3): 307-315 [ Wu Fuli, Li Wenhou, Li Yuhong *et al*. Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2004, 8(3): 307-315 ]
- 14 焦养泉, 李思田, 庄新国. 前陆式盆地中的陡坡三角洲沉积体系——以鄂尔多斯盆地西南缘延长组中部为例 [C]// 李思田主编, 含能源盆地沉积体系——中国内陆和近海主要沉积体系类型的典型分析. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 68-85 [ Jiao Yangquan, Li Sitian, Zhuang Xinguo. Steep-slope delta system in foreland basin—base study on the middle part of Yanchang Formation in the southwestern margin of Ordos Basin [C]// Li Sitian. *Depositional Systems in Energy-Resources-Bearing Basins: Case Studies of the Continental and Paralic Depositional Systems in China*. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 68-85 ]

# Provenance System Analysis of Yanchang Formation in Fuxian Area of Ordos Basin

WU Li-qun<sup>1</sup> JIAO Yang-quan<sup>1, 2, 3</sup> YANG Qin<sup>4</sup> ZHANG Cheng-ze<sup>5</sup> YANG Sheng-ke<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> The Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

<sup>2</sup> Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources, Ministry of Education, Wuhan 430074;

<sup>3</sup> Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology of Ministry of Education, Ministry of Education, Wuhan 430074;

<sup>4</sup> Institute of Geophysics & Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

<sup>5</sup> Tarim Oilfield Company, China Petroleum, Korla Xinjiang 841000)

**Abstract** The oil and gas exploration of Yanchang Formation in Fuxian area has been constrained by the issue of sediment provenance. The authors make full use of the outcrop, borehole and seismic data of the study area to analyze the six kinds of key parameters indicating the direction of paleo-provenance—such as actual measured paleocurrent directions, sand distributed system directions, spatial distribution of extreme exposure signs (coal) and overlying water mark (oil shale), assemblages and distribution characteristics of heavy minerals, foreset structure of delta depositional system (seismic section), regional paleotectonic and paleogeographic characteristics of Ordos basin. Comprehensive studies show that the sediments of Yanchang Formation in Fuxian area come from the northeast of Ordos basin, and there is no provenance system from the south of the study area.

**Key words** Yanchang Formation, provenance system; Fuxian, Ordos Basin