

文章编号: 1001-1986(2006) 01-0001-04

陇东地区上三叠统延长组早中期物源分析与沉积体系

郭艳琴¹, 李文厚¹, 胡友洲², 庞日轩³, 张宝平³

(1. 西北大学地质系, 陕西 西安 710069; 2. 长庆油田分公司第一采油厂, 陕西 延安 716000; 3. 陕西地球物理地球化学勘查院, 陕西 周至 710400)

摘要: 利用轻重矿物组合特征、古水流方向、砂岩岩石学特征、水下分流河道砂体空间展布及沉积构造特征等, 对鄂尔多斯盆地陇东地区上三叠统延长组长8—长6油层组母岩类型、物源方向以及沉积体系进行研究。古流向参数表明, 延长组沉积时期, 沉积物从盆地边部向中心搬运。根据轻重矿物组合划分出3个主要物源方向, 即西、西南和东北方向。此外, 根据古流向判断有南部的次要物源。母岩是盆地周缘的前寒武系石英岩、中基性、中酸性火山岩、变质岩和古生界的浅变质岩、碳酸盐岩和砂砾岩。陇东地区上三叠统延长组长8—长6油层组沉积体系划分为: 北东向吴旗—华池三角洲沉积体系和西部环县扇三角洲沉积体系, 西南部镇原—泾川辫状河三角洲沉积体系和南部合水—固城川浊积扇沉积体系。在沉积体系划分的基础上, 详细阐述了不同沉积体系的岩石学特征、砂体形态和沉积构造及各沉积体系的演化过程。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 上三叠统延长组; 古流向; 物源分析; 沉积体系; 陇东地区

中图分类号: P512.2; P534.51 **文献标识码:** A

Source analysis and depositional systems of Upper Triassic early and mid-term Yanchang Formation in Longdong area

GUO Yan-qin¹, LI Wen-hou¹, HU You-zhou², PANG Ri-xuan³, ZHANG Bao-ping³

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. The 1st Oil Production Plant, Changqing Oilfield Company, Yan'an 716000, China; 3. Survey Institute of Geophysics and Geochemistry in Shaanxi Province, Zhouzhi 710400, China)

Abstract Light and heavy mineral combination characteristic, directions of palaeo-flow, sandstone petrography, space distribution of sand bodies of subaquatic distributary channels and sedimentary structure feature were used to analyze source rock, source direction and depositional system of Chang 8-6 oil-beds of Yanchang Formation of the Upper Triassic in Longdong area of Ordos Basin. The palaeo-flow parameters show that the sediments are carried from department by the basin to the center in the depositional period of Yanchang Formation. Three main source directions can be divided according to the light and heavy mineral combination characteristics, as west, southwest and northeastern directions. In addition, there is the secondary source in the south according to ancient flow direction. The quartzite, neutral-basic and neutral-acid volcanic rock, metamorphic rock of Precambrian and shallow metamorphic rock, carbonate rock, gravel rock of Palaeozoic group from basin outer edge are the source rocks. The depositional system of Chang 8-6 oil-beds of Yanchang Formation of the Upper Triassic in Longdong area can be divided into four systems. One of them is Wuqi-Huachi delta depositional system from northeast; others are Huanxian fan delta depositional system from west, Zhenyuan-Jingchuan braided delta depositional system from southwest and Heshui-Guchengchuan turbidite fan depositional system from south. On the basis of the depositional systems, petrographic characteristics, sand body pattern, sedimentary structure of different depositional systems and the evolution process of the depositional systems are elaborated in detail.

Key words: Ordos Basin; Upper Triassic Yanchang Formation; palaeo-flow direction; source analysis; depositional system; Longdong area

收稿日期: 2005-03-22

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2003CB214602)

作者简介: 郭艳琴(1972—), 女, 陕西榆林人, 西北大学博士生, 从事沉积学及石油地质学研究。

1 引言

陇东地区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡西南部,与天环凹陷相连,具有丰富的油气资源,马岭油田和西峰油田就位于该研究区。该区延长组属于低孔、低渗的地层—岩性油藏^[1~7],储集层砂体主要受沉积相带控制。因此,开展沉积相带和物源分析研究就显得十分重要。

沉积体系分析是现代沉积学最重要的进展之一^[8]。所谓沉积体系是指与作用相关的沉积相的集合体,也可把它理解为有成因联系的沉积相在空间上构成的三维地层单位,其涵义包括供给物源、作用过程、地理环境的三维组合。同一沉积体系应该具有统一的水动力条件和物源方向,因此,要研究一个地区沉积体系的分布格局,就必须搞清其物源^[9]。

2 物源分析

2.1 古流向分析

根据古水流和沉积物分散体系,可以判别各盆地是否具有共同的物源区,也可确定沉积物的补给方向。本文进行鄂尔多斯盆地晚三叠世延长组古水流分析,所用的指向特征为华亭—内水河剖面、铜川—漆水河剖面、韩城薛峰川剖面、耀县教场坪沟剖面、旬邑山水河剖面、黄陵洛河—沮河剖面、灵武古窑子剖面、延安云岩河剖面、宜川仕望河剖面和佳县佳芦河剖面地层露头中的交错层、波痕等。延长组沉积中期古流向参数显示,盆地西北部沉积物的平均搬运方向 105° ,西南部的平凉—华亭地区古流向 110° 左右;在南部的宜君—铜川地区平均为 320° ,东部延长—宜川地区沉积物搬运方向由东向西;东北地区的榆林一带沉积物平均搬运方向 200° 。这些古流向参数证据表明,在延长组沉积中期,鄂尔多斯盆地已经是一个大型内陆汇水盆地,表现在其四周的古水流方向呈内收敛状指向盆地中心,沉积物从盆地边缘部向中心搬运(图 1)。

2.2 轻矿物组合及特征

利用陆源碎屑轻、重矿物组合及质量分数的变化,也是追索物源和恢复母岩性质的常用方法之一^[10]。对鄂尔多斯盆地陇东地区上三叠统延长组长 6—长 8 油层组 47 口井的 998 块样品进行岩石薄片鉴定,砂岩以长石砂岩为主,主要的矿物组合特征为:石英占碎屑组分 $26\% \sim 46\%$,镜下见明显的波状消光和石英加大边,说明来自变质岩系;长石占碎屑组分 $20\% \sim 40\%$,总体质量分数较高,大量长石的出现表明母岩中花岗岩或花岗片麻岩占比较大比

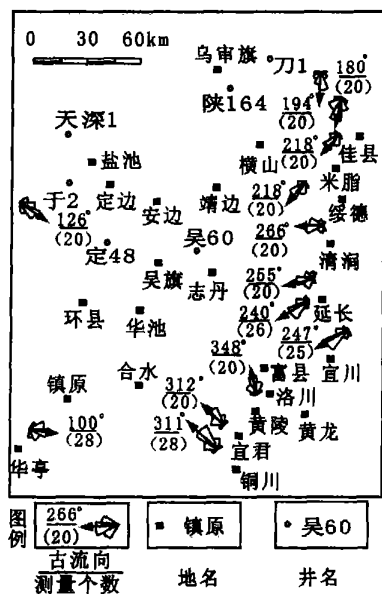


图 1 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组中期古水流分析图

Fig. 1 Palaeoflow analysis of medium-term Yanchang

Formation of the Upper Triassic in Ordos Basin

重;岩屑占碎屑组分 $9\% \sim 25\%$,其中火成岩屑 $0\% \sim 8\%$,变质岩屑占 $0.7\% \sim 11\%$,主要有石英岩、千枚岩、片岩,质量分数由北向南增高,沉积岩屑占 $0.1\% \sim 0.6\%$,以白云岩屑、泥岩岩屑多见。区域研究表明,白云岩屑质量分数从南到北有减少的趋势,在吴旗北存在一条西北—东南向的白云岩屑缺失线,所以它的物源肯定来自西南方向,故白云岩屑的存在表明,本区物源有来自西南部碳酸盐岩的参与。

2.3 重矿物组合及特征

对鄂尔多斯盆地陇东地区上三叠统延长组长 6—长 8 油层组 52 口井的 728 块样品进行了重矿物分析,综合研究重矿物组分的质量分数及其组合在平面上的变化规律,发现重矿物组合在区内具有明显的分区性,大致可分为 4 个区(下面以长 6 为例):第一为西北部环县—演武一带,重矿物组合为高石榴子石(18.7%) + 锆石(22.3%) + 金红石(5.9%) + 白钛矿(36.5%),第二为西南部镇原一带,重矿物组合为硬绿泥石(4.8%)—石榴子石(7.2%)—锆石(33.3%) + 白钛矿(35%),第三为东北部白豹组合区,即电气石(6.8%)—高锆石(48.1%) + 白钛矿(38%)组合区,第四为东南及中部组合,即电气石(14.6%)—锆石(36%)—石榴子石(6.6%) + 白钛矿(28.3%)组合区。稳定重矿物锆石变化趋势是从西南向东北逐渐增高,西部环县—演武一带最低;次稳定重矿物石榴子石西部最高,东北最低,中南部地区变化不明显;不稳定重矿物硬绿泥石由西南向东北逐渐降低,西部环县—演武较低。依据沿物源方

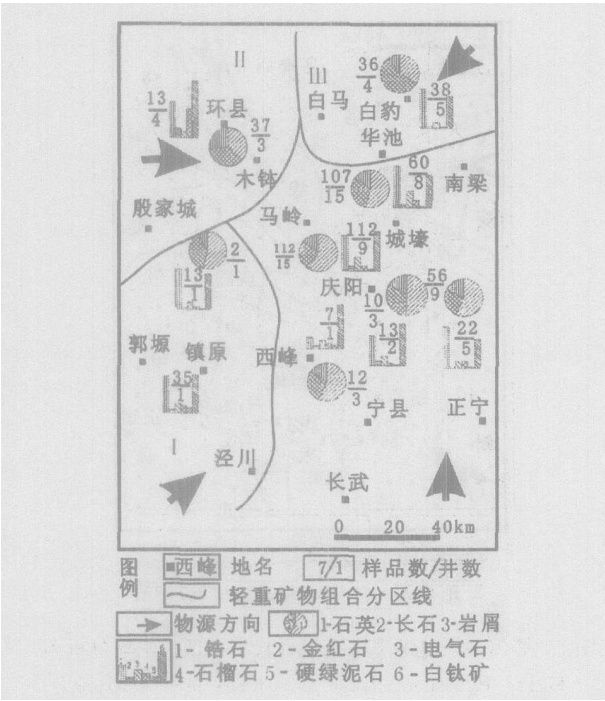


图 2 鄂尔多斯盆地陇东地区上三叠统延长组长 6 段轻重矿物组合分区及物源方向分析图

Fig. 2 Subarea of light and heavy mineral combination and source analysis of Member 6 of Yanchang Formation of the Upper Triassic in Longdong area

向远离物源区稳定重矿物质量分数增加, 而不稳定重矿物质量分数减少的基本规律, 西南和西部方向是陇东地区长 6—长 8 油层组的主要物源方向。

综合研究区长 6—长 8 油层组轻、重矿物及岩屑组合, 分区现象表现出较好的一致性, 可划分出 3 个组合区(图 2), 代表了 3 个主要物源区, 即: I. 西南及中部组合区, 轻矿物以高石英、低长石、高白云岩屑为特征, 重矿物表现为硬绿泥石和电气石质量

分数高, 石榴子石质量分数中等, 锆石、金红石质量分数中等的特征, 反映物源来自盆地西南华亭—陇县一带广泛出露的前寒武系石英岩、中基性火山岩、奥陶系的浅变质岩、碳酸盐岩、上古生界砂砾岩等。

II. 西部组合区, 石英、长石质量分数相近, 岩屑质量分数高, 重矿物表现为金红石、石榴子石质量分数高, 锆石、电气石质量分数中等, 硬绿泥石质量分数低的特征, 物源来自西部的杨家咀子、殷家城以西的烟筒山、同心地区的震旦系片麻岩、片岩、混合岩、大理岩、石英变质岩、中基性及中酸性火山岩和古生界砂砾岩; III. 东北组合区, 以高长石、低石英、低白云岩屑为特征, 重矿物表现为锆石质量分数高, 硬绿泥石、石榴子石质量分数低, 金红石、电气石质量分数中等的特征, 物源可能来自阴山前震旦系片麻岩及沉积石英岩等。此外, 根据古水流分析, 研究区尚存在南部次要物源, 很可能来自秦岭古生界和前震旦系变质岩和沉积岩。

3 沉积体系

3.1 沉积体系划分

综合考虑冲积体和蓄水盆地两方面的特征, 依据物源方向和水动力条件, 可将陇东地区上三叠统延长组长 6—长 8 油层组划分为北东向和南、西南部两大沉积体系, 在此基础上以沉积背景、岩石学特征、分流河道砂体空间展布、沉积构造特征以及电性特征进一步划分为吴旗—华池三角洲、环县扇三角洲、镇原—泾川辫状河三角洲和合水—固城川浊积扇(表 1)。三角洲沉积体系是由陆上和水下的众多沉积单位构成的复杂沉积体系, 即三角洲平原亚相、三角洲前缘亚相和前三角洲亚相。三角洲沉积体系

表 1 鄂尔多斯盆地陇东地区上三叠统延长组长 8—长 6 段沉积体系划分表

Table 1 Division of depositional system of Member 8—6 of Yanchang Formation of the Upper Triassic in Longdong area of Ordos Basin

项目	吴旗—华池三角洲	环县扇三角洲	镇原—泾川辫状河三角洲	合水—固城川浊积扇
物源方向	北东	西部	西南	南、西南
岩石学特征	石英	29.2	31.8	43.1
	长石	48.7	30.6	23.3
	岩屑	9.31	23.3	10.0
	填隙物	12.8 含油沸石	14.3	23.6
			无油沸石	
	绿泥石	4±		3.8
	杂基	1.0~1.5	3.9	11.0
	碳酸盐	3.6~3.7		5.3~8.0
	其他	3.7~4.2		1.0~5.1
砂体形态	河道宽深比小, 平面呈分枝或交织的鞋带状, 剖面上呈上平下凸的透镜体	沿流动方向呈楔形, 垂直流动方向呈透镜状	河道宽深比大, 呈带状、席状分布	呈带状分布
沉积构造	槽状、板状交错层、小型交错层、平行、波状、水平层理、冲刷面	板状交错层、小型交错层、平行层理、冲刷面	板状、槽状交错层、小型交错层、平行层理、冲刷面	槽模、鲍马序列

最具特征的沉积就是三角洲前缘亚相,垂向上具有向上变粗的反粒序旋回,骨架砂体形态呈伸长条状或朵状^[10]。

从表 1 可以看出,不同的沉积体系,其物源方向、水动力条件、沉积环境不同,导致砂岩的岩石学特征、沉积构造特征以及电性特征也不同。延长组砂岩岩石类型虽以长石砂岩为主,但石英、长石、岩屑及填隙物类型和质量分数各有差异。北东向吴旗—华池三角洲石英质量分数低,岩屑质量分数较低,长石质量分数较高,填隙物总质量分数、绿泥石、碳酸盐和杂基质量分数明显低于西南沉积体系,而且填隙物中含有浊沸石,而西南沉积体系中的填隙物中无浊沸石。

3.2 沉积体系演化

陇东地区位于鄂尔多斯盆地的西南部,沉积体系纵向演变受湖盆演化的制约,长 10 期,湖盆进一步发展,湖岸向外扩张,沉积面貌有较大改观,长 8 期西南平凉、崇信一带发育冲积扇体系,向东发育辫状河沉积体系,至镇原则演化为辫状河三角洲体系,研究区以辫状河三角洲前缘亚相为主,西部环 20 井—环 30 井为扇三角洲体系。

长 7 期为湖盆最大扩张阶段,湖水深度加大,面积扩张,出现了大面积的深湖区,辫状河三角洲前缘亚相变窄,研究区形成较大面积的浊积体,泾川辫状河三角洲前缘在剖 14 井—庆 6 井以北与固城川—玄马浊积砂体连为一体,过去曾被称作西南部水下扇。浊积岩的分布主要受地形和补给物源沉积物重力流性质的控制。通常在深水斜坡的基部,沉积物重力流因流速骤减,流动中的粗粒物质快速卸载,加之重力流水道的分支、改道,往往形成浊积扇,而较细颗粒则可继续搬运,以至到地形平坦的湖盆平原,并沿盆地轴向低洼地形流动,造成广阔的伸长状浊积砂体^[10]。

长 6 期湖盆进入萎缩阶段,盆地西南部辫状河三角洲前缘推进到镇原—驿马一线,深湖区收缩在悦乐—庆阳—合水—宁县以东地区,并发育浊积体,东北吴旗—华池三角洲较长 8、长 7 期发育(图 3)。

长 4+5 期之后,湖盆处于萎缩期,至长 2—长 1 期,区内沼泽平原化,从此结束了鄂尔多斯盆地延长组的沉积历史。

4 结论

a. 古水流方向和轻、重矿物组合特征说明,陇东地区上三叠统延长组早中期主要物源方向为西南—东北和西部,此外有南部次要物源,母岩是盆地

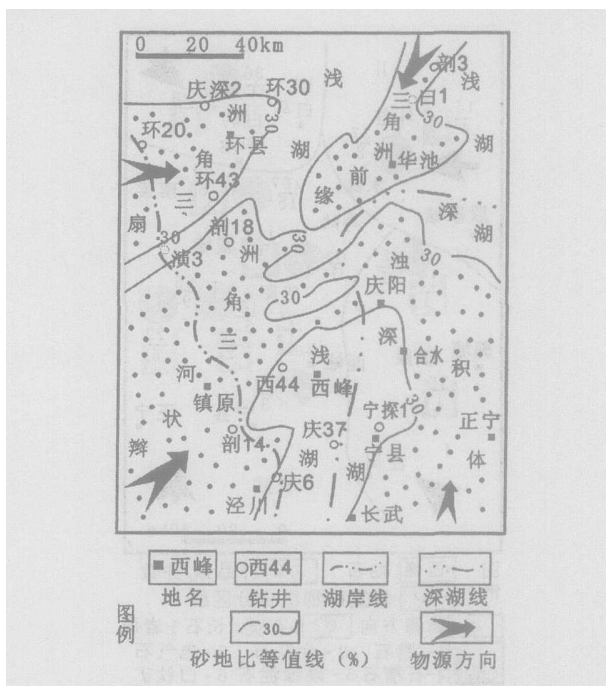


图 3 鄂尔多斯盆地陇东地区上三叠统延长组长 6 段沉积体系

Fig. 3 Depositional system of Member 6 of Yanchang

Formation of the Upper Triassic in Longdong area

周缘的震旦系石英岩、中基性、中酸性火山岩、变质岩和古生界的浅变质岩、碳酸盐岩和砂砾岩。

b. 鄂尔多斯盆地陇东地区早中期上三叠统延长组沉积体系划分为两大沉积体系,即南、西南方向的环县扇三角洲沉积体系、镇原—泾川辫状河三角洲沉积体系、合水—固城川浊积扇沉积体系和北东向的吴旗—华池三角洲沉积体系。

参考文献

- [1] 罗静兰,等. 延长油区侏罗系—上三叠统层序地层与生储盖组合[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 337—341.
- [2] 张哨楠, 胡江森, 等. 鄂尔多斯盆地南部镇泾地区延长组的沉积特征[J]. 矿物岩石, 2000, 20(4).
- [3] 张兴例, 王代国, 陈淑惠. 鄂尔多斯盆地南部旬邑—宜君地区中生界储层特征[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(4): 17—21.
- [4] 柳益群, 李文厚. 陕甘宁盆地东部上三叠统含油长石砂岩的成岩特点及孔隙演化[J]. 沉积学报, 1996, 14(3): 87—95.
- [5] 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层序地层与油气勘探[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [6] 牟泽辉. 鄂尔多斯盆地庆阳以南三叠系延长组长 5、长 6、长 7 储层成岩作用[J]. 天然气工业, 2001, 21(2): 13—17.
- [7] 胡文瑞, 何自新. 鄂尔多斯盆地油气勘探大发展启示[J]. 中国石油勘探, 2001, 6(4): 1—4.
- [8] 李思田, 程守田, 杨士恭, 等. 鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析[M]. 北京: 地质出版社 1992, 13—92.
- [9] 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.
- [10] 梅志超. 沉积相与古地理重建[M]. 西安: 西北大学出版社, 1994 96—238