

陇东地区延长组长3、长4+5储层物源 及其对储层物性的影响

王洪建^{1,2}, 吴小斌¹, 孙 卫¹, 张志国³

(1 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2 中国石油 吐哈油田分公司,
新疆 鄯善 838202; 3 中国石油 长庆油田分公司, 陕西 西安 710021)

摘要: 在沉积微相研究工作基础上, 针对陇东地区延长组长3、长4+5油层小层对比复杂砂层厚度、岩性横向变化大的特点, 对陇东地区延长组长3、长4+5油层碎屑岩稀土元素、碳酸盐岩岩屑以及轻重矿物组合分布进行了综合分析研究, 认为区内三叠系延长组沉积物源主要来自北东向和西南向, 在陇东地区北东物源的沉积边界大约在南梁—华池地区, 西南物源的沉积边界大约在悦乐地区, 两者间为砂岩层厚度、岩性、物性变化大的混源区。通过对不同物源区的储层特征分析对比, 认为在陇东地区延长组沉积物物源分布范围、组合特征是影响储层发育的主要因素之一。

关键词: 延长组; 稀土元素; 碳酸盐岩岩屑; 轻矿物; 重矿物; 物源分析; 储层物性; 影响因素; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P618.130.2⁺1; TE122.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)01-0038-06

Provenance of Member 3 and Member 4+5 in Yanchang Formation of Longdong Area in Ordos Basin

WANG Hong-jian^{1,2}, WU Xiao-bin¹, SUN Wei¹, ZHANG Zhi-guo³

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. Tuha Oilfield Limited Company of PetroChina, Shanshan 838202, Xinjiang, China;

3. Changqing Oilfield Limited Company of PetroChina, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract Based on the factual situations of Yanchang Formation in Longdong area, the rare earth elements, carbonate rock detritus, light and heavy mineral are analyzed. It is thought that there are mixed sources in the area. The directions of the provenance are mainly in the northeast and southwest. It is preliminary judged that the frontier of the northeast provenance probably lies in Nanliang-Huachi area and the frontier of the outhwest provenance probably lies in Yuele area. Finally, through the comparision of characteristics of three oilfield reservoirs, it is found that the provenance is an important factor for the formation of reservoir in Longdong area.

Key words: Yanchang Formation; rare earth elements; carbonate rock detritus; light minerals; heavy minerals; provenance analysis; reservoir characteristics; influence factors; Ordos Basin

0 引言

陇东地区北起白豹,南至城壕,东至南梁,位于鄂尔多斯盆地中部伊陕斜坡一级构造单元的西南部(图1)。鄂尔多斯盆地在东北部主要出露一套太

古代和早元古代的中基性火山岩为主的变质岩和太古代的花岗岩,岩性主要为含黑云母二长花岗岩。在盆地西南部主要由前寒武纪变质岩系组成(包括前震旦纪变质千枚岩、片麻岩)及下古生界碳酸盐岩及碎屑岩、火成岩和太古界结晶基底斜长片

收稿日期: 2007-04-15

基金项目: 国家重大基础研究发展计划项目(2003CB214607)

作者简介: 王洪建(1964-),男,湖北仙桃人,高级工程师,博士,从事沉积微相与油田开发研究。E-mail: wanghongjian@163.com

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

方向物源的分布范围,从而影响了在进一步研究工作中的小层对比及沉积微相划分,因此,深入研究陇东地区延长组长 3、长 4+5 的物源问题,对于勘探寻找优质储层、开发提高注采效果,就显得意义十分重要。

目前物源分析途径除了是从沉积物的岩矿组合特征出发,利用碎屑成分、重矿物平面展布规律,结合粒度分析资料的综合地质方法,来分析物源,还可采用先进的仪器和测试手段,利用 ICP-MS 法、锆石的裂变径迹法、单矿物的阴极发光法等得到各自不同的数据、图像,并与源岩区样品对比,从而区分出不同的物源。在物源方法的遴选方面均应从具体实际与研究方法本身的优越性和局限性出发,同时利用多方法、多手段的综合地质研究,从不同角度去分析与相互验证,是目前物源研究的重要趋势^[3]。由于研究区仅在一个 3 级地层单元“统”或者“组”里进行物源分析,因此笔者针对研究区周边母岩性质的不同,加之区域构造相对稳定、地层厚度小、埋深浅等特性,采用地球化学稀土元素分析、碳酸盐岩碎屑含量等综合方法来研究物源方向和不同物源沉积的分布范围及界线。

本次样品主要选取各个取心井的泥岩,因为稀土元素在沉积搬运过程中主要存在碎屑和溶解状态,泥岩中的粘土矿物吸附能力较强,可以最大程度地保持母岩中稀土元素的含量。长3油层组共选9个样品(城35井(SW03)、城88井(SW04)、华172井(SW05)、华183井(SW06)、华184井(SW07)、华192井(SW08)、华625井(SW09)、山106井(SW10),其中SW10R是SW10重复样),测试分析样品的稀土元素含量结果见表1。

[illegible]

随着陇东地区西峰油田的发现和新区块不断拓展,重新研究和认识陇东地区的物源问题尤其对储层分布特征的分析了解就显得更为必要。多年来人们对陇东地区三叠系延长组的物源见解不一。宋凯认为盆地中部延长组砂岩的微量元素蜘蛛网图与盆地北东缘变质岩的微量元素蜘蛛网图相似,具有较好的亲缘关系^[1],物源方向主要是北东方向。魏斌认为陇东地区重矿物组合变化大,种类繁多,比相邻地区变化快,是一个混合带,受各个方向物源的综合影响^[2]。关于本地区的物源方向,前人多认为有混合物源的情况,但并未清楚地指出不同

表 1 陇东地区延长组长 3 油层组泥岩稀土元素

Tab. 1 Mudstone REE Contents of Member 3 in Yanchang Formation of Longdong Area $w_B/\%$

元素	SW03	SW04	SW05	SW06	SW07	SW08	SW09	SW10
La	51 10	50 60	52 70	44 00	44 00	54 30	44. 40	46 50
Ce	129 40	125 90	132 00	114 30	86 10	134 90	112. 10	117 70
Pr	11 50	10 74	11 50	10 22	9 69	11 60	9. 82	10 22
Nd	44 70	40 50	44 70	40 80	37 90	45 00	38. 20	39 70
Sm	7 97	7 00	7 98	7 36	6 87	7 98	6. 87	7 35
Eu	1 47	1 31	1 54	1 61	1 44	1 57	1. 43	1 48
Gd	7 38	6 57	7 46	6 68	6 41	7 38	6. 56	6 96
Tb	1 03	0 94	1 04	0 91	0 90	1 03	0. 93	0 98
Dy	5 71	5 38	5 58	4 78	4 80	5 51	5. 04	5 20
Ho	1 14	1 12	1 08	0 91	0 93	1 09	0. 99	1 03
Er	3 26	3 33	3 00	2 48	2 57	3 06	2. 72	2 75
Tm	0 52	0 54	0 45	0 37	0 39	0 47	0. 42	0 43
Yb	3 62	3 83	3 12	2 50	2 67	3 25	2. 85	2 92
Lu	0 56	0 58	0 47	0 38	0 40	0 50	0. 43	0 45

注: 由西北大学大陆动力学国家重点开放实验室采用等离子质谱仪(ICP-MS)测试

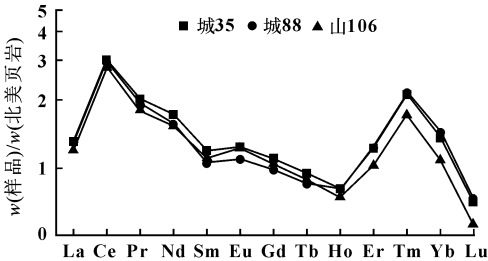


图 2 陇东地区延长组长 3 油层组单井稀土元素分配模式
Fig. 2 Comparison of Three Well's REE Distribution Mode of Member 3 in Yanchang Formation of Longdong Area

1.2 碳酸盐岩岩屑

从区域地质可知, 盆地北东母岩区以变质岩和花岗岩为主, 西南母岩区以变质岩和碳酸盐岩为主。西南物源区的碳酸盐岩成分是北东母岩区所不具有的特征母岩。因此, 通过统计陇东地区长 3、长 4+5 油层组碎屑成分中碳酸盐岩岩屑的含量, 发现其变化有一定的规律性: 由西南到北东方向(城 89 井~山 106 井)碳酸盐岩岩屑依次减少(图 3), 表明陇东地区延长组沉积时肯定有西南方向的物源。

1.3 轻矿物

在延长组长 3、长 4+5 油层组沉积时期, 长石、岩屑及石英含量的变化出现两个分区(图 4): 以华 183 井~城 89 井~城 91 井为界, 分界线以西、西南的地区, 碎屑质量分数表现出石英中等(42%~47%), 岩屑相对较高(27%~35%), 长石相对较低

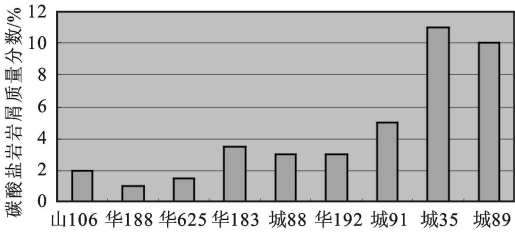


图 3 陇东地区长 3、长 4+5 油层组碳酸盐岩岩屑含量柱状图

Fig. 3 Carbonate Rock Detritus Content Columns of Member 3 and Member 4+5 in Yanchang Formation of Longdong Area

(20%~27%)的特点; 而分界线以东、以北的地区, 碎屑质量分数表现出长石高(49%~56%)、石英偏低(28%~31%)、岩屑中等(15%~20%)的特征。东北区与西南区轻矿物组合特征差异性表明, 两区应有不同的物源区。在东北区, 沿山 106 井~华 188 井~华 192 井的北东方向, 随着搬运距离增长, 石英质量分数依次升高(29%~31%), 长石则依次降低(56%~49%); 沿华 625 井~华 192 井的北北东方向, 也随着搬运距离的增长, 同样有长石质量分数降低、石英升高的变化规律。

1.4 重矿物

据长 3 油层组重矿物平面分布(图 5), 重矿物也有规律的变化: 在山 106 井~华 188 井~华 192 井的北东方向上, 稳定矿物锆石、金红石、电气石组合的质量分数依次从 68.5%~74%~81%升高; 在

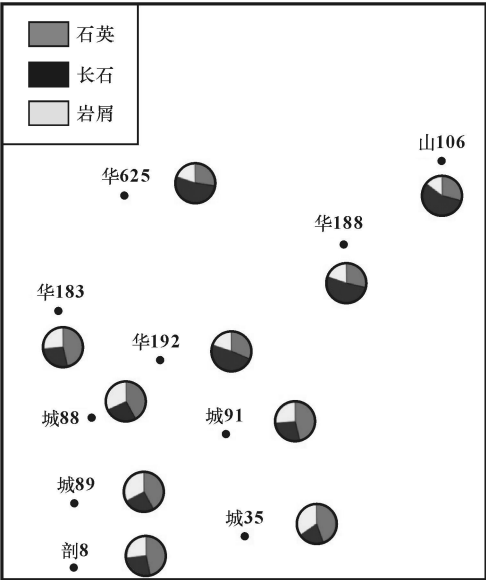


图 4 陇东地区长 3、长 4+5 油层组轻矿物平面分布
Fig. 4 Light Minerals Distribution Mode of Member 3 and Member 4+5 in Yanchang Formation of Longdong Area

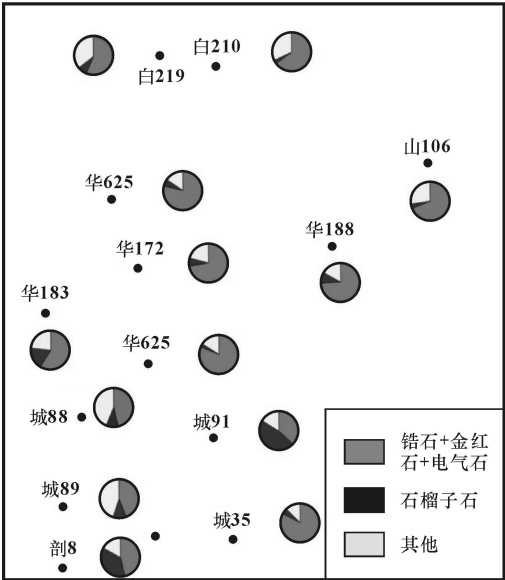


图 5 陇东地区长 3、长 4+5 油层组重矿物平面分布
Fig. 5 Heavy Minerals Distribution Mode of Member 3 and Member 4+5 in Yanchang Formation of Longdong Area

沿白 210 井~华 172 井~华 192 井的北北东方向上, 稳定矿物组合的质量分数依次从 65%~72%~81% 升高。综合分析可以推论, 长 3、长 4+5 油层组北东区的物源主要来自盆地北东方向。在西南区, 沿剖 8 井~城 89 井的西南方向上, 在较短的搬运距离中, 不稳定矿物石榴子石的质量分数从 36% 下降到 11%, 说明该区域有来自西南方向的物源。

2 物源探讨

(1) 陇东地区长 3、长 4+5 油层组碎屑成分中碳酸盐岩岩屑的含量由西南到北东方向(城 89 井~山 106 井)依次减少的规律性变化, 表明陇东地区有来自西南方向的物源。

(2) 陇东地区长 3、长 4+5 油层组沿山 106 井~华 188 井~华 192 井的北东东方向上, 随着搬运距离的增长, 长石含量降低, 石英和稳定矿物组合含量升高的变化规律, 指示着有北东方向的物源。

(3) 研究区内 3 口典型井的稀土元素含量差异不大, 曲线形态基本一致, 表现为三谷两峰的特征, 这与盆地北东部变质岩的稀土元素分配模式基本一致, 表明在陇东地区北东方向上的物源是主要物源之一。

(4) 华池地区是接受陇东地区北东和西南物源共同沉积混合物源区。综合碳酸盐岩岩屑、轻矿物、重矿物、泥岩稀土元素的分析, 西南物源的边界大

约圈定在悦乐地区, 北东物源的边界大约圈定在南梁~华池地区, 两边界之间的地区为混源区域(图 6)。

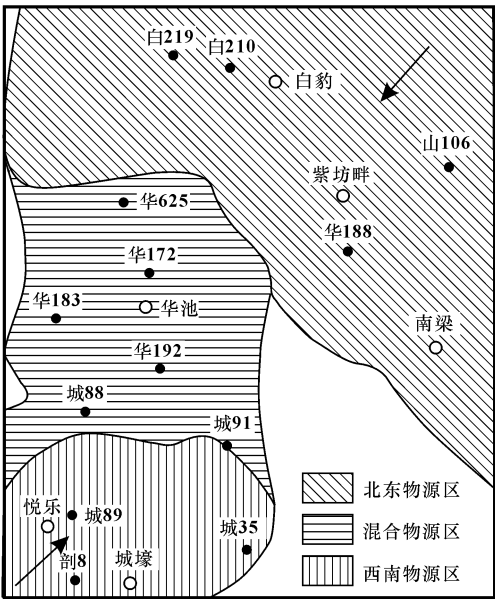


图 6 陇东地区延长组长 3 油层组物源趋势
Fig. 6 Provenance Trend of Member 3 in Yanchang Formation of Longdong Area

3 物源对储层物性特征的影响

3.1 延长组储层物性特征

陇东地区延长组长 3 油层组砂体厚度 10~6 m,

孔隙度 0.53% ~ 21.41%，平均 9.12%；渗透率 $(0.01 \sim 134.8) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均 $7.69 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；含油饱和度 7.1% ~ 74.48%，平均 37.6%。长 4+5 油层组砂体厚度 10.36 m，孔隙度 0.01% ~ 22.03%，平均 9.61%；渗透率 $(0.01 \sim 53.9) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均 $3.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；含油饱和度 13.84% ~ 61.12%，平均 42.29%。研究区储层物性整体上呈现低孔隙度($< 10\%$)、低渗透率($< 50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)特征，属于低孔低渗油气储集层^[4]。

3.2 陇东地区延长组储层孔隙类型

陇东地区延长组储层孔隙类型主要以粒间孔隙、长石溶孔、晶间孔、岩屑溶孔为主。长 3、长 4+5 油层组以粒间孔隙为主。孔隙形状多以多边形粒间孔为主，也有一些长条形或不规则形状的孔隙，每个孔隙都有 2~3 条喉道与之相连(图 7)。胶结方式主要有孔隙式、孔隙薄膜式，次生加大镶嵌式、次生加大孔隙式^[5]。

3.3 物源影响储层物性因素

沉积物物源情况是影响储层的主要因素^[6]。一般而言，沉积物的单物源、多物源和混合物源决定着组成储层岩石颗粒、胶结物的成分及含量，并且影响储层砂体的厚度。物源的近源和远源控制

着储层岩石颗粒的粒度和分选，物源供给充足，则砂岩储层厚度大，延伸范围广。

(1)南梁地区受北东物源影响大，沉积物搬运距离远，储层的骨架颗粒含量相对较高，云母类、胶结物含量较低(表 2)，后期压实作用不明显，有利于原生孔隙的保存。城壕地区受西南物源影响大，沉积物相对较近，储层中岩屑及填隙物含量相对较高，在成岩作用中不利于孔隙的保存，导致储层物性变差(表 3)。

表 2 陇东地区长 3、长 4+5 油层组软组分

Tab. 2 Soft Composition Contents of Member 3 and Member 4+5 in Yanchang Formation of Longdong Area $w_B/\%$						
地区	井号	层位	岩屑类	云母类	填隙物	碳酸盐胶结物
南梁	华 625	长 3	11	7	9.5	2
	山 106	长 3	10	3	11	1
	山 106	长 4+5	14	5	10	1
	华 188	长 3	12	6	10	2
	华 188	长 4+5	15	6	14	5
	平均值		12.4	5.4	10.9	2.2
华池	华 183	长 3	25	4	19	15
	华 183	长 4+5	21.5	7	22	12
	华 192	长 3	11	7	10.5	3
	华 192	长 3	14.5	5	12.5	3.5
	平均值		18	5.8	16	8.4
城壕	城 91	长 3	15	8	21	18
	城 35	长 3	27	6	17	11
	城 89	长 3	26	5	17.5	10
	剖 8	长 3	19	9	14.5	11.5
	平均值		21.8	7	17.5	12.6

(2)晚期的碳酸盐胶结作用是延长组物性变差的主要原因。城壕与南梁地区相比，储层中碳酸盐胶结物含量相对较高，储层的渗透率、孔隙度相对较差。

(3)陇东地区位于盆地伊陕斜坡西南部，在整个延长组沉积时期有一个稳定的拗陷湖盆沉积环境。该时期沉积物供给充分，来自物源区的碎屑成分，经过长距离的搬运，成分和结构成熟度相对较好。在南梁及白豹含油区主要以北东物源为主，在城壕含油区则以西南物源为主，在这中间过渡地带的华池含油区是北东、西南物源的混合物源区。相对于南梁含油区和城壕含油区，华池含油区由于沉积物供给相对充足，从北东和西南方向的沉积物在此相互叠置，因此砂体累计厚度大，储层物性相对较好(表 3)。



华192井长3油层组 1786.40 m



城88井长4+5油层组 1905.32 m

图 7 陇东地区延长组砂岩孔隙结构
Fig. 7 Porosity Frame of Sandstone in Yanchang Formation of Longdong Area

表 3 陇东地区长 3、长 4+5 油层组储层物性对比
Tab. 3 Reservoir Characteristics Contrast of Member 3 and Member 4+5 Yanchang Formation of Longdong Area

层位	砂体厚度/ m		
	南梁	华池	城壕
长 3-1	7 56	6 54	5 12
长 3-2	10 14	9 81	10 20
长 3-3	12 22	13 02	10 30
长 4+5-1	10 29	13 60	11 03
长 4+5-2	6 30	6 68	5 63
累计厚度	46 51	49 65	42 28

层位	渗透率/ 10 ⁻³ μm ²		
	南梁	华池	城壕
长 3-1	3 90	12 23	2 08
长 3-2	2 84	3 39	1 61
长 3-3	3 12	9 95	1 29
长 4+5-1	2 60	6 61	2 66
长 4+5-2	2 06	3 50	2 45

层位	孔隙度/ %		
	南梁	华池	城壕
长 3-1	10 76	10 60	10 90
长 3-2	10 86	10 35	10 27
长 3-3	11 10	11 73	9 44
长 4+5-1	10 72	11 23	10 20
长 4+5-2	11 33	11 40	10 36

4 结语

(1)综合陇东地区长 3、长 4+5 油层组碳酸盐岩岩屑、轻矿物、重矿物、泥岩稀土元素的分析,西南物源的边界大约圈定在悦乐地区;北东物源的边界大约圈定在南梁及华池以北地区;在这两

边界之间的地区为混源区域。在南梁、白豹含油区主要以北东物源为主,在城壕含油区以西南物源为主,在这两者过渡地带的华池含油区是北东、西南物源的混合物源区。

(2)沉积物物源是影响储层的主要因素。陇东地区华池含油区,相对于南梁含油区和城壕含油区,由于沉积物供给相对充足,从北东和西南方向的沉积物在此相互叠置,砂体累计厚度大,储层物性相对较好。

(3)储层中岩屑及填隙物在成岩作用中不利于孔隙的保存,导致储层物性变差。南梁地区受北东物源影响大,软组分含量较低;而城壕地区受西南物源影响大,软组分含量较高。因而,受北东、西南物源的影响,其储层物性也有较大的差异。

(4)研究区内城壕与南梁地区相比,储层中碳酸盐胶结物含量相对较高,而碳酸盐的胶结作用是导致储层物性变差的主要原因。因而,不同物源区的储层,其物性也有明显的差异。

参考文献:

[1] 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.
[2] 魏 斌, 魏红红, 陈全红, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组物源分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2003, 33(4): 447-450.
[3] 赵红格, 刘池洋. 物源分析方法及研究进展[J]. 沉积学报, 2003, 21(3): 409-415.
[4] 李道品. 低渗透砂岩油田开发[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
[5] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
[6] 王多云, 郑希民, 李风杰, 等. 低孔渗油气富集区优质储层形成条件及相关问题[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(2): 87-91.