

文章编号: 1000-0550(2013)03-0430-10

# 鄂尔多斯盆地延长组长7沉积期物源分析及母岩类型研究<sup>①</sup>

张才利<sup>1,2</sup> 张雷<sup>1,2</sup> 陈调胜<sup>1,2</sup> 张艳<sup>1,2</sup> 杨亚娟<sup>1,2</sup> 黄静<sup>1,2</sup> 贺静<sup>1,2</sup> 李慧<sup>3</sup>

(1. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室 西安 710018; 2. 长庆油田分公司勘探开发研究院 西安 710018;

3. 长庆油田第七采油厂 西安 710018)

**摘要** 通过对鄂尔多斯盆地延长组长7砂岩的类型、轻重矿物特征、重矿物聚类分析及泥岩的地化特征研究,并结合盆地周边源区露头剖面的岩性组合资料,讨论了长7沉积期的物源方向,恢复各源区母岩性质。经研究表明:鄂尔多斯盆地长7沉积期存在五个方向物源,东北、西南为主要的物源方向,西北、南部作为次要物源方向;其中东北源区母岩以中基性岩浆岩、高级变质岩为主,西南源区母岩以白云岩、浅变质岩为主,西北源区母岩以沉积岩为主,浅变质岩次之,南部源区母岩以含灰岩、碎屑岩为主,浅变质岩次之;另外经讨论证实西部存在局限的物源供给区,母岩主要为白云岩。

**关键词** 轻重矿物 聚类分析 物源方向 母岩类型 鄂尔多斯盆地

**第一作者简介** 张才利 男 1975 出生 硕士 高级工程师 石油地质学 E-mail: zhangcl\_cq@petrochina.com.cn

**中图分类号** P512.2 TE121.3 **文献标志码** A

## 0 引言

鄂尔多斯中生界盆地是一个大型内陆拗陷盆地,有丰富的油气资源,湖盆在晚三叠世延长期达到发育的鼎盛期<sup>[1]</sup>,以长7湖盆面积最大,并在长7<sub>3</sub>沉积了厚层优质烃源岩,长7<sub>1</sub>、长7<sub>2</sub>则发育多期砂体,该套砂体具有距油源近的特点,有利于优质烃源岩排烃汇聚,形成油藏。近年来随着油田产能建设需要及勘探开发力度的加大,陆续在长7层见到油气显示,为石油勘探寻找新的接替层系提供了方向。结合已有的研究发现,盆地延长组以东北和西南两个方向的物源为主,在长7期亦受这两大物源体系控制,同时依据长7储集砂岩在碎屑组成、重矿物组合及岩性特征进一步细化出多个次级物源区,影响着长7储层在平面上的微观变化特征<sup>[2~4]</sup>。本文通过钻井、剖面、薄片与重矿物鉴定及定量统计、聚类分析、泥岩地化特征等分析测试手段,讨论了盆地延长组长7沉积期的物源方向和母岩类型。研究结果对盆地延长组长7砂体时空展布、储层研究、有利区预测及下一步的油气勘探部署都具有重要的参考价值。

## 1 物源分析及母岩恢复

### 1.1 碎屑岩特征

通过统计盆地内 271 块长7砂岩样品的矿物组

成显示,砂岩组分中石英平均含量约 39.9%,长石平均含量约 33.1%,岩屑平均含量约 27%,碎屑成分三角投点样品主要落在长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩区,少数落在长石砂岩、岩屑砂岩区(图1);砂岩的碎屑组成具有分区性,东北、西北为高石英区,西—西南、南部为高长石区,并富含碳酸盐岩屑,各沉积区的分布范围如图2所示。

陆源碎屑岩的碎屑物质主要来源于母岩机械破碎的产物,通过选取各分区样品进行薄片鉴定,识别

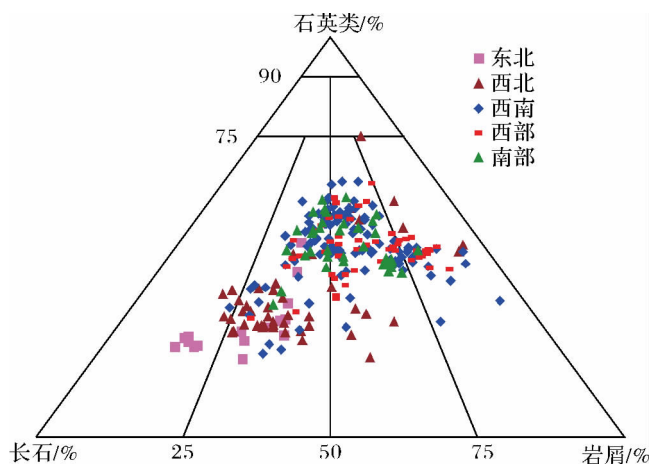


图1 鄂尔多斯盆地延长组长7储层砂岩组分

Fig. 1 The sandstone component of Chang 7 reservoir of Yanchang Formation, Ordos Basin

①中国石油化工股份有限公司石油与天然气预探科技攻关项目(编号:2008D-0703-01)资助

收稿日期:2012-03-21;收修改稿日期:2012-07-01

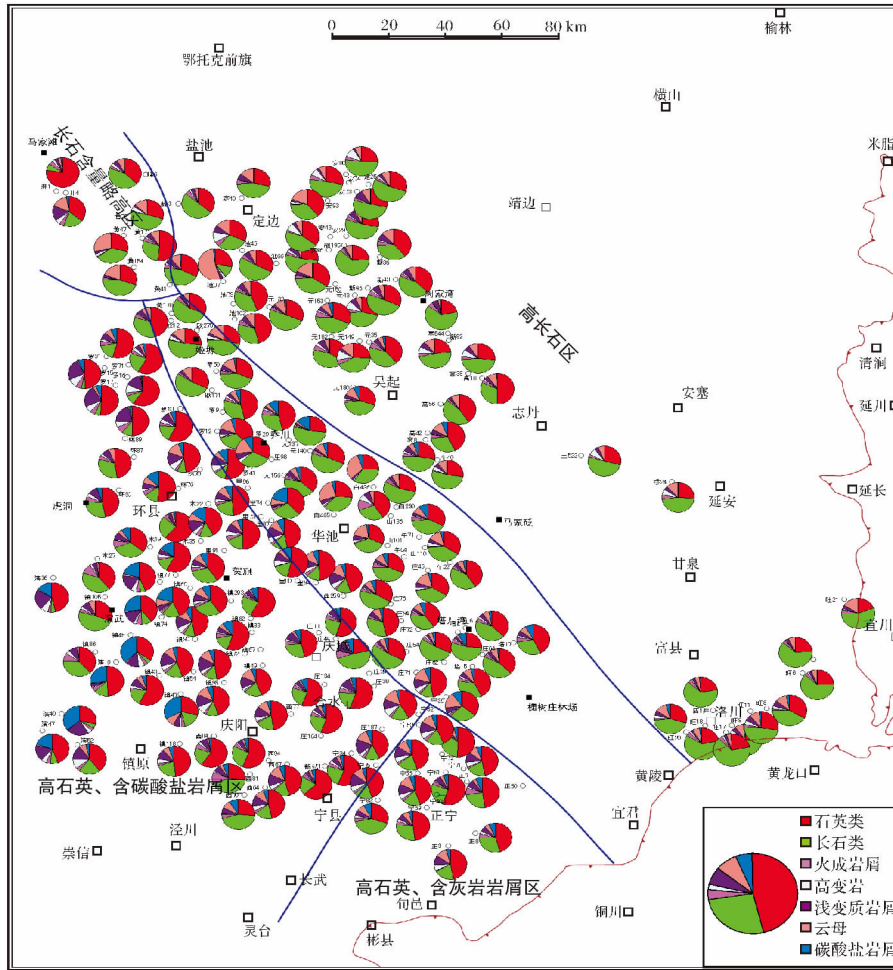


图 2 鄂尔多斯盆地延长组长 7 砂岩碎屑组分分布图

Fig. 2 Sandstone fragment components of Member 7 of Yanchang Formation , Ordos Basin

表 1 鄂尔多斯盆地延长组长 7 轻矿物种类及含量( %)

Table 1 Light minerals types and content of Member 7 of Yanchang Formation , Ordos Basin( %)

地区	个数/件	主要陆源碎屑/ %							
		石英	长石	火成岩屑	高变岩屑	石英岩	浅变质岩屑	碳酸盐岩屑	云母绿泥石
东北部	10	24.9	50.1	3.3	4.1	2.3	3.7	0.0	11.7
西北部	5	34.7	45.6	3.7	1.6	2.0	5.5	0.4	6.7
西南—西部	9	42.6	11.0	3.5	0.7	4.5	12.2	21.6	3.6

矿物碎屑组合及标型特征,结合碎屑矿物组合与母岩类型关系来判断母岩类型。在此需挑选远离盆地沉积中心、靠近源区的样品,减少因混源引起的矿物组合变化(表 1、图 3)。

从表 1 统计的结果和图 3 所分析的矿物标型特征可以得出以下结论:①盆地东北部长石含量高,且多有蚀变并与高变岩屑形成矿物组合,石英颗粒具波状消光的特征,反映了母岩为高级变质岩,另外普遍

可见中基性斜长石、条纹长石等反映中基性火成岩的母岩矿物;②西北部浅变质岩屑含量高,镜下鉴定岩屑以千枚岩、板岩为主,反映了源区母岩浅变质岩的母岩特征;③西南—西部石英含量较高,长石含量低,偶见石英具再造沉积的特征(二轮石英),长石未见蚀变,岩屑以浅变质岩屑、白云岩屑为主,平面上西部较西南地区砂岩粒度较粗,表现为白云岩屑颗粒粗大(Y42 井、Y36 井),具有近源沉积的特征,不含高级

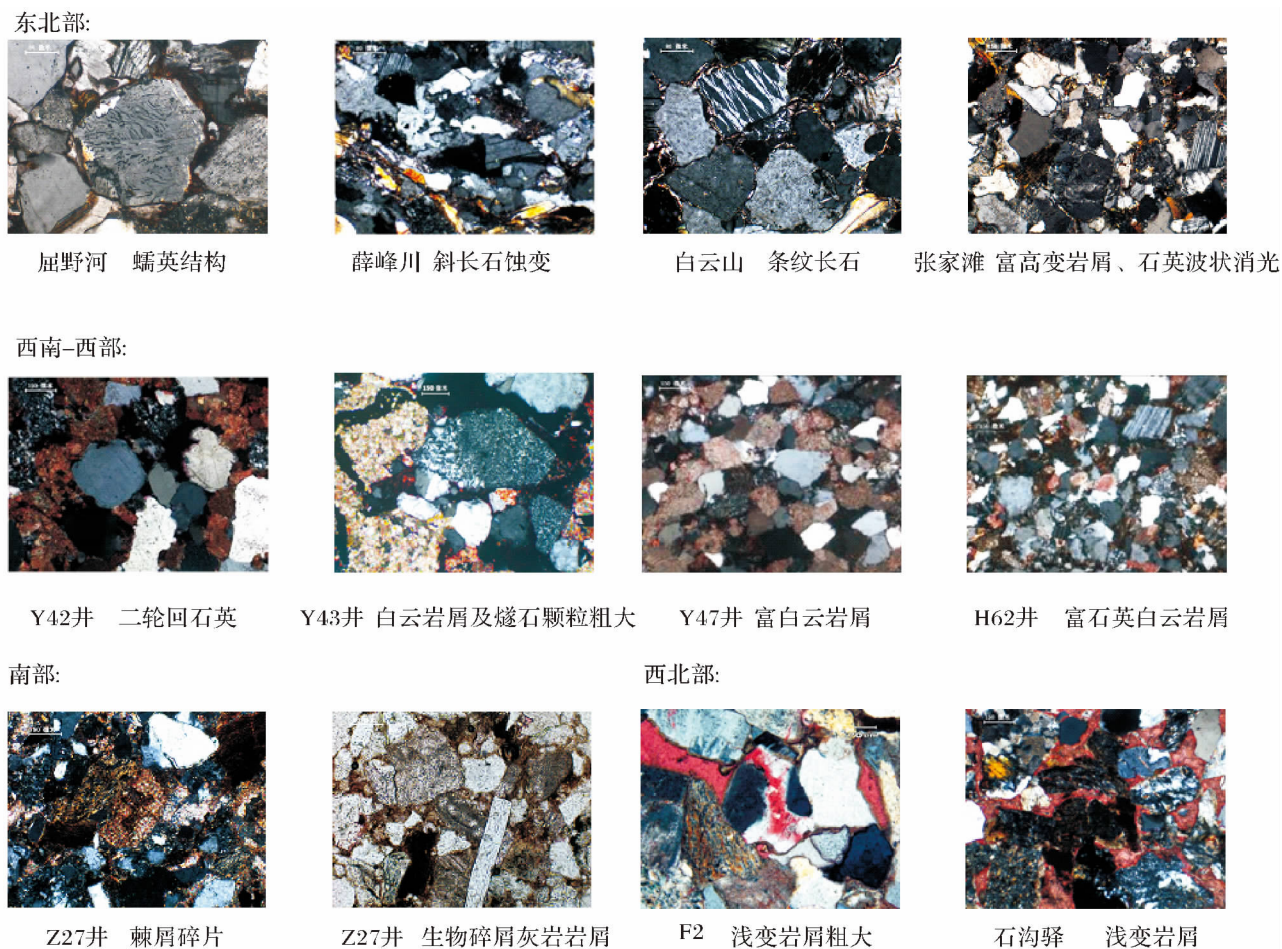


图3 鄂尔多斯盆地延长组长7轻矿物组合特征(正交偏光、单偏光 20×)

Fig. 3 Light minerals assemblage characteristics of Member 7 of Yanchang Formation, Ordos Basin(20×)

变质岩屑,反映了源区白云岩等沉积岩和浅变质岩为主的母岩特征;④南部石英含量较高,岩屑以灰岩岩屑为主,偶见生物碎屑,浅变质岩屑次之,反映源区母岩生物碎屑灰岩和浅变质岩的特征。

### 1.2 重矿物特征

重矿物在岩石中含量较少,由于其抗风化稳定性的不同,较稳定的重矿物含量会随着远离物源区方向升高,不稳定重矿物含量降低,依据这一原理,重矿物也是判断物源方向的主要方法之一<sup>[5]</sup>;另外,利用聚

类分析方法可将相关性好的重矿物进行组合,按照常见矿物与母岩类型关系表基本恢复母岩类型<sup>[6-8]</sup>。

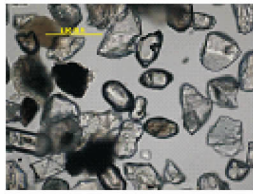
通过表2统计反映出轻矿物未能揭示的特征,西部较西南部石榴子石、白钛矿含量高,且重矿物形态上具明显差异,结合图4得出结论:①东北部石榴子石含量高,普遍含红色石榴子石而区别于其它地区,其次是锆石,呈柱状,以变质成因与岩浆成因常见,自形程度普遍较好,反映了源区变质岩与岩浆岩的母岩特征;②西北部重矿物资料反映出重矿物以石榴子石

表2 鄂尔多斯盆地延长组长7重矿物种类及含量(%)

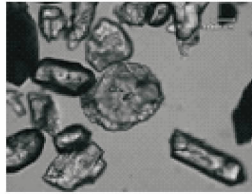
Table 2 Heavy minerals types and content of Member 7 of Yanchang Formation, Ordos Basin(%)

地区	井数(口)	锆石	金红石	电气石	石榴子石	磁铁矿	白钛矿	绿帘石
东北部	17	37.6	0.25	1.14	56.2	2.54	0.81	1.12
西北部	5	27.19	0.76	0.87	62.08	1.03	4.15	2.38
西南	38	74.36	0.75	2.74	15.7	1.39	4.09	0.18
西部	26	58.18	0.41	2.24	22.08	0.92	15.02	0.47
南部	23	60.58	0.51	1.99	23.87	0.53	11.49	0.25

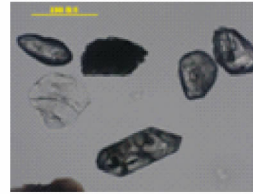
东北部:



W24井 浑圆粒状锆石



Q1井 热液成因的锆石

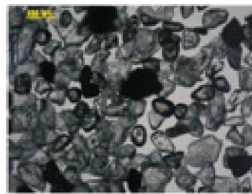


W18井 四方双锥状锆石

西北部:



F4井 磨圆很好的锆石

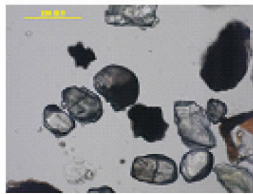


F6井 一重矿物普遍磨圆

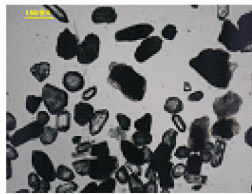


F3井 含电气石

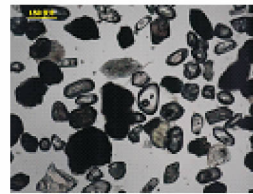
西部:



H64井 磨圆的沉积锆石



L68井 含大量白钛矿



L68井 磨圆较好的锆石

西南部:



X91 磨圆改造的锆石



X91井 钙铁榴石

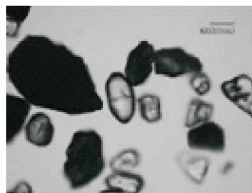


Zh70 光洁干净的变质锆石

南部:



Z9井 磨圆好的锆石



Z7井 磨圆好的锆石、白钛矿、电气石等



图 4 鄂尔多斯盆地延长组长 7 重矿物组合特征(单偏光 10 ×、20 ×)

Fig. 4 Heavy minerals assemblage characteristics of Member 7 of Yanchang Formation, Ordos Basin(10 ×、20 ×)

为主, 锆石次之, 锆石呈浑圆状, 表面污浊, 反映了具有沉积岩的母岩特征; ③西南部锆石含量高, 镜下可

见与沉积岩有关的浑圆状锆石,也有与热液有关的变质锆石、钙铁榴石;④西部白钛矿含量明显较高,且锆石均为浑圆粒状,两者均反映了源区具有沉积岩的母岩类型;④南部锆石含量高,以浑圆粒状的沉积锆石为主,白钛矿含量相对较高,反映了源区以沉积岩为主的母岩类型。

### 1.3 重矿物聚类分析

常见聚类方法为 Q 型和 R 型,其中利用 R 型聚类方法是研究变量之间的相关性,把同一样品中的不同变量进行比较,从而确定不同变量之间的亲疏关系,进而对变量分类组合。利用到重矿物聚类分析即是将同一样品中的不同重矿物按相近亲疏关系归为一类,形成组合进而识别不同的母岩类型<sup>[8]</sup>。对鄂尔多斯盆地 144 口钻井岩芯的重矿物进行了统计分析,将各沉积区采用 R 聚类分析如图 5,通过该方法发现西部地区重矿物存在独立的相关性,故从西南—西部物源区分离出西部物源作为一个次一级物源供给区。

从图 5 所分析的重矿物组合特征来看,可以得出以下结论:①东北部磁铁矿+白钛矿+锆石组合指示母岩为中基性火成岩,金红石+石榴子石、淡红色石榴子石+绿帘石两种组合指示母岩为高级变质岩;②西南部电气石+磁铁矿组合指示母岩为酸性火成岩,锆石+金红石组合指示母岩为沉积岩;③西部锆石+金红石+电气石组合指示母岩为沉积岩;④南部锆石+电气石+金红石同样也以沉积岩的母岩为主。

由于西北地区重矿物资料少,不能用数学统计的方法进行相关性分析,故在此空缺,待日后研究中补充。

### 1.4 泥岩的地化特征

鄂尔多斯盆地长 7 泥岩的稀土元素分析结果及相关地化参数如表 3 所示,稀土元素的特性表现在其配分模式和特征参数上,并应用在沉积物源的分析方面<sup>[10]</sup>。

一般情况下, Eu 是判断源岩的重要参数,在火成岩中,中酸性长英质的岩石(花岗岩) LREE 相对富集(LREE/HREE 比值高),Eu 负异常;基性岩石(玄武岩) HREE 相对富集(LREE/HREE 比值较低),无 Eu 异常。同时,来自上地壳的稀土元素具有轻稀土富集,重稀土含量稳定和 Eu 负异常的特征。将鄂尔多斯盆地长 7 泥岩样品的稀土元素经球粒陨石标准化得到, Eu 表现为负异常,轻稀土元素富集,重稀土元素相对亏损(图 6),与上地壳中稀土元素的分布形态一致;在 REE—La/Yb 图解(图 7)中大部分样品落在花岗岩区,少部分落在碱性玄武岩区,指示了研究区沉积岩源岩大部分为长英质岩石。对盆地长 7 泥岩的非迁移性元素比值(如 La/Sc、Th/Sc、Th/Co 和 Th/Cr 等)与大陆上地壳(UCC)、大陆下地壳(LUC)和洋壳(OC)相应的特征值(据 Cullers, et al., 1988)相比较,样品的元素特征比值与大陆上地壳的特征值接近,与大陆下地壳和洋壳特征值相距较远,表明延长组长 7 沉积物源来自于大陆上地壳。

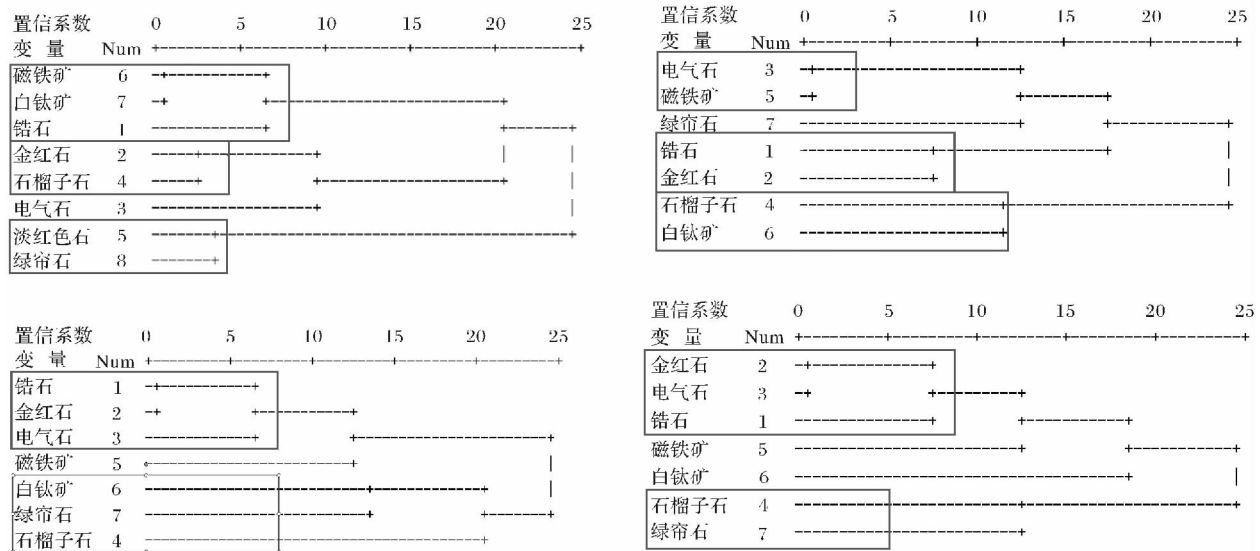


图 5 鄂尔多斯盆地延长组长 7 重矿物 R 型聚类分析谱系图

Fig. 5 R type cluster lineage chart of heavy minerals in Member 7 of Yanchang Formation, Ordos Basin

表3 鄂尔多斯盆地延长组长7 泥岩稀土元素化学参数

Table 3 REE parameters of mudstones in Member 7 of Yanchang Formation , Ordos Basin

地区	井名	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	ΣLREE/ ΣHREE	( La/ Yb) N	( La/ Sm) N	( Ce/ Yb) N	( Gd/ Yb) N	dEu	dCe	La/ Sc	Th/ Sc	Th/ Co	Th/ Cr	
东北	旺8	233.88	188.54	37.36	5.05	11.04	3.59	9.18	2.57	0.72	1.02	3.70	1.22	0.80	0.21	
	旺8	356.12	273.13	69.61	3.92	9.64	2.88	8.41	2.81	0.85	1.02	3.25	0.71	0.43	0.14	
	旺19	237.96	191.82	38.24	5.02	11.27	3.91	9.01	2.45	0.72	1.00	3.51	1.22	0.84	0.21	
	桥19	230.29	183.32	39.34	4.66	10.36	3.90	8.23	2.29	0.79	0.99	3.54	0.75	0.46	0.13	
	桥19	233.57	188.43	37.43	5.03	10.13	3.96	8.04	2.19	0.70	0.99	2.61	1.02	0.74	0.16	
	旺24	147.61	107.44	35.45	3.03	5.09	3.72	3.97	1.17	0.81	0.98	2.22	0.89	0.28	0.06	
	高22	218.43	180.75	29.98	6.03	12.23	3.39	10.02	2.88	0.69	1.00	2.69	0.84	0.62	0.13	
	元132	207.19	173.74	27.24	6.38	11.27	4.32	8.93	2.09	0.79	0.99	2.36	0.86	0.51	0.11	
	元132	244.20	204.56	32.43	6.31	12.80	5.09	9.54	2.20	0.77	0.97	3.27	0.85	0.63	0.13	
	安65	296.69	252.11	36.04	7.00	14.57	4.83	11.38	2.50	0.78	1.00	3.81	0.76	0.46	0.13	
	安68	183.52	150.46	27.31	5.51	10.52	4.31	8.27	2.07	0.84	1.00	2.58	0.76	0.24	0.11	
	安75	248.37	208.50	32.08	6.50	12.51	4.00	10.40	2.54	0.81	1.03	3.33	0.81	0.49	0.11	
	安83	279.23	232.87	37.35	6.23	12.90	3.99	10.60	2.70	0.78	1.01	3.97	0.87	0.65	0.16	
	安67	310.94	267.65	34.10	7.85	16.81	4.80	13.24	2.96	0.83	1.00	4.92	0.87	0.62	0.10	
	安80	368.98	312.13	46.03	6.78	13.04	4.58	10.27	2.33	0.80	1.00	4.19	0.81	0.34	0.13	
	西北	罗34	294.70	237.95	48.40	4.92	9.88	3.59	8.11	1.87	0.61	1.02	3.98	1.93	1.66	0.28
		黄17	246.26	207.35	33.50	6.19	13.26	4.35	10.18	1.77	0.89	0.97	3.29	0.63	1.17	0.33
		黄47	286.34	240.73	39.47	6.10	12.79	4.06	10.29	1.73	0.91	1.00	3.85	0.67	0.35	0.10
		峰4	261.72	215.97	37.38	5.78	12.22	4.05	9.89	2.52	0.81	1.01	3.67	0.89	0.47	0.14
		峰5	222.62	182.35	33.40	5.46	9.84	4.08	7.96	1.97	0.75	1.01	2.62	0.84	0.53	0.13
峰6		288.99	251.56	30.91	8.14	13.80	5.24	11.02	1.82	0.75	1.02	3.01	0.72	0.39	0.12	
峰14		261.04	209.40	44.41	4.72	9.50	3.88	7.55	1.72	0.72	1.00	3.16	1.37	1.27	0.22	
里82		283.94	221.41	54.05	4.10	10.20	4.47	7.25	1.89	0.87	0.92	3.18	0.78	0.49	0.15	
南部	店2	396.48	302.35	81.28	3.72	5.60	3.33	5.12	1.37	0.30	1.10	11.60	9.35	10.58	1.33	
	正3	274.72	232.04	35.49	6.54	20.37	4.75	14.79	2.91	0.63	0.96					
	正3	208.51	168.94	34.10	4.95	11.46	4.51	8.63	1.81	0.65	0.96					
	正5	201.73	161.17	35.08	4.59	11.83	4.53	8.16	1.88	0.68	0.89					
	正9	216.84	174.41	35.53	4.91	9.72	3.96	7.77	2.02	0.67	1.00	2.79	1.12	0.86	0.21	
碾1	230.25	192.78	32.16	6.00	13.80	4.91	10.19	1.83	0.63	0.96						
西部	里51	245.59	194.99	44.63	4.37	10.42	4.18	6.97	1.47	0.66	0.91					
	里55	242.59	191.41	45.20	4.23	10.70	3.84	6.70	1.55	0.63	0.81					
	环60	277.22	217.08	52.60	4.13	11.07	4.36	6.85	1.71	0.74	0.85					
	环60	293.85	235.11	51.27	4.59	11.71	4.75	6.89	1.59	0.66	0.82					
	环62	281.13	229.40	45.91	5.00	12.06	5.19	7.35	1.31	0.66	0.85					
西南	庄10	239.82	195.35	38.47	5.08	12.72	4.86	8.60	1.74	0.65	0.89					
	镇58	182.79	145.42	32.84	4.43	10.84	4.40	6.79	1.52	0.69	0.86					
	镇58	234.74	191.54	37.45	5.11	11.57	4.39	7.36	1.57	0.55	0.86					
	镇58	218.88	177.61	35.87	4.95	11.91	4.14	7.88	1.70	0.57	0.89					
平均值	257.23	209.70	40.27	5.36	11.66	4.27	8.71	2.01	0.72	0.96	3.64	1.26	1.04	0.20		
上地壳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.70	0.97	1.07	0.31		
下地壳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	0.03	0.03	0.01		
洋壳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.94	0.01	0.00		

注: 测试单位为长安大学成矿作用及动力学实验室

泥岩样品中 Gd 含量在地球演化初期较高,但随着元素分馏作用, Gd 含量越来越低, ( Gd / Yb) <sub>N</sub> 的值也随地层时代的变新而逐渐变小。通常以 ( Gd / Yb) <sub>N</sub> = 2.0 为界, 太古界 ( Gd / Yb) <sub>N</sub> 值常大于 2.0 而太古界之后沉积地层 ( Gd / Yb) <sub>N</sub> 值则小于 2.0<sup>[9]</sup>。

盆地长7 泥岩样品的 ( Gd / Yb) <sub>N</sub> 值根据不同地区表现出明显的差别( 表 3), 其中东北部以大于 2.0 为主, 部分小于 2.0, 表明北部源区以太古界的物源供给为主; 西北、西南部、西部及南部样品基本上都在 2.0 以下, 少数大于 2.0, 表明物源主要来自太古界以

上的较新地层。

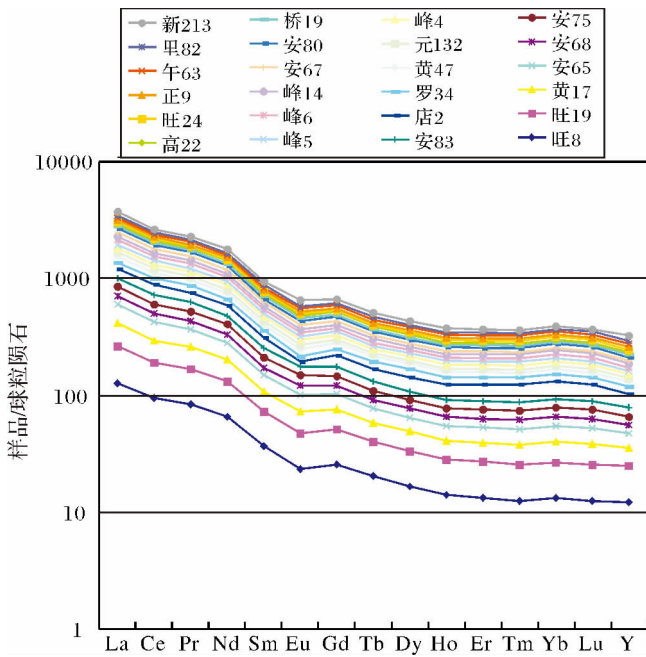


图6 鄂尔多斯盆地长7 泥岩样品 REE 配分模式

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns of the samples from Member 7 of Yanchang Formation , Ordos Basin

从 Hf—La/Th 源岩属性判别图解(图 8a) 长7 样品大部分落在靠近长英质源区, 少量落在靠近基性混合岩源区; La/Sc—Co/Th 源岩判别图解(图 8b) 显示, 长7 样品主要落在靠近长英质火山岩的源区, 少量靠近安山岩源区。整体反映源区以长英质岩石为主, 少有基性混合岩、安山岩类混入。

## 2 源区恢复

晚三叠世鄂尔多斯盆地为一典型的大型内陆坳

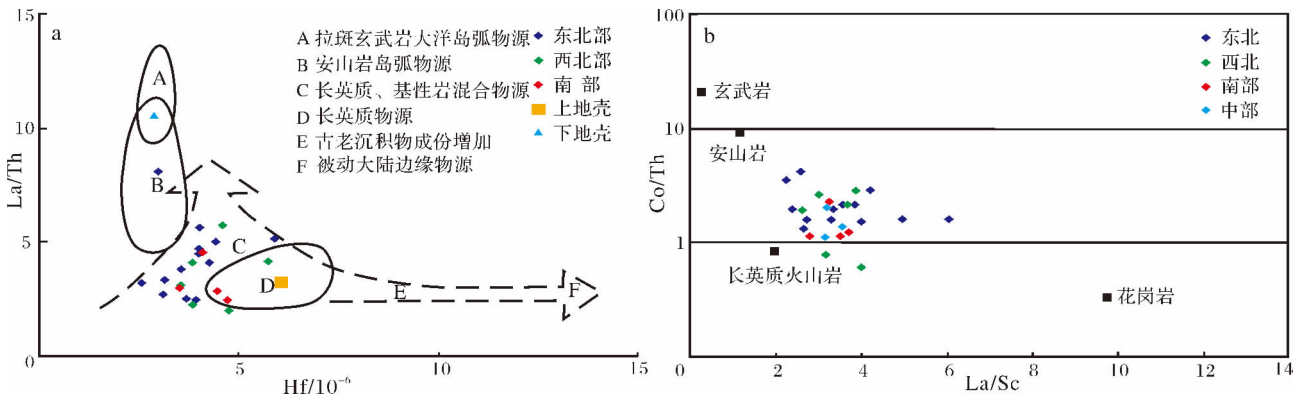


图8 鄂尔多斯盆地延长组长7 泥岩 Hf—La/Th 和 La/Sc—Co/Th 源岩判别图解

图 a 不同源区据 Floyd and Leveridge(1987), 图 b 不同源区据 Condie(1993) 转引 X. X. Gu(2002) [11]

Fig. 8 Source rock discrimination diagrams of La/Th versus Hf and Co/Th versus La/Sc for mudstone from Member7 of Yanchang formation , Ordos Basin. "a" based on Floyd and Leveridge(1987) , "b" based on Condie(1993) , after X. X. Gu(2002)

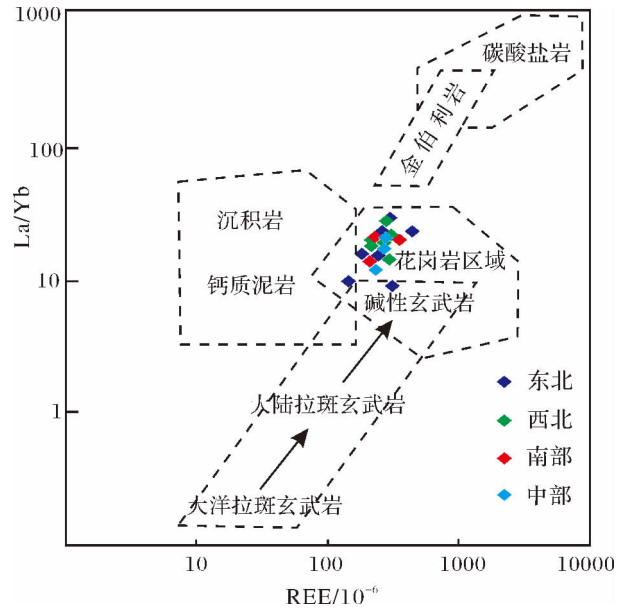


图7 鄂尔多斯盆地长7 泥岩 REE - La/Yb 图解

Fig. 7 REE versus La/Yb diagram of mudstones in Member 7 of Yanchang Formation , Ordos Basin

陷盆地, 周边存在多个基岩剥蚀区和造山带, 已有的研究表明, 印支期盆地周边板内造山活动强烈, 形成多处隆起剥蚀区<sup>[12, 14]</sup>, 从而构成盆地的边缘(图 9), 其中东北缘阴山古陆、西北缘阿拉善古陆是相对稳定地块并长期隆起遭受剥蚀, 西南缘东祁连山造山带、南缘的秦岭造山带属于相对活跃的盆地边缘, 在晚三叠世强烈构造活动期影响着盆地的构造演化。

北部阴山古陆主要由中下太古界—元古界地层组成, 其中太古界集宁岩群、乌拉山岩群, 元古界色尔腾山群、二道凹群、白云鄂博群及温都尔庙群分布较广, 岩性为多套富含石榴子石的变质岩和孔兹岩系, 其变质程度可达到角闪—麻粒岩相。

西北部阿拉善地块包括北部隆起区和南部巴彦浩特早古生代盖层沉积区, 构成了盆地西北物源区, 以贺兰山西缘断裂分隔盆地与源区, 其中北部隆起区主要出露太古界桑干群、中元古界阿拉善群, 岩性以变质岩、碎屑岩为主, 缺失中上元古界、古生界、中生界下部三叠系, 变质程度达到绿片岩—低角闪岩相, 局部出露贺兰山群, 变质程度为麻粒岩相, 然而在前面的研究中发现盆地西北沉积区未见高变岩岩屑, 证实贺兰山群在长 7 沉积期未遭受抬升剥蚀; 巴彦浩特地区发育寒武系—下二叠统沉积盖层, 缺失上二叠统一侏罗统, 与之相邻的鄂尔多斯盆地边缘发育中三叠统纸坊组 and 上三叠统延长组碎屑沉积, 其成分与巴彦浩特二叠系砂岩组分一致, 表明印支期巴彦浩特地区遭受隆起剥蚀, 为盆地西北部提供上古生界碎屑岩供给。

西南部东祁连山两侧造山带, 主要地层为其核部中元古界秦岭群、陇山群, 震旦—中奥陶统葫芦河群构成逆冲推覆体<sup>[13]</sup>, 岩性主要为片岩、片麻岩, 变质程度中等, 以绿片岩相为主, 上覆上奥陶统陈家河组及二叠—三叠系碎屑岩, 为多期逆冲推覆的沉积响应, 据前人研究资料显示盆地在晚三叠世 225 ~ 180 Ma 存在强烈的构造运动, 至少包含 215 Ma 和 195 Ma 两个幕次的峰值年龄事件, 主要以盆地内区域地层间平行

不整合关系为标示的构造隆升和盆地西南缘粗碎屑类磨拉石沉积为其重要的地质响应, 反映了秦—祁造山带印支期碰撞造山过程在鄂尔多斯盆地产生的构造效应<sup>[14]</sup>, 在这一背景下, 三叠世末期盆地西南部存在上述地层的隆起。

西部六盘山弧形冲断带是祁连山地体冲断拼贴华北台缘的逆冲推覆带, 并于印支期出露寒武系香山群及奥陶系以来多期沉降发育的碎屑岩和碳酸盐岩地层, 形成“古陆梁”, 该隆起规模和幅度较西南逆冲带低, 为次一级物源区, 主要为盆地西部提供碎屑岩和白云岩屑<sup>[15, 16]</sup>。

南部为秦岭造山带, 由北秦岭与南秦岭组成, 并由商丹和勉略缝合带分割为北秦岭、南秦岭和扬子板块北缘三个构造带, 其中北秦岭分布多套变质岩地层, 主要发育下太古界秦岭群、中元古界宽坪群、上元古界—下古生界丹凤群及二郎坪群, 主要为黑云母斜长片麻岩、片岩、石英岩、变火山岩等; 南秦岭主要由夹持于商丹和勉略缝合带的泥盆系地层构成, 分布于山阳—镇安—旬阳一带, 区域上以下古生界和前寒武系地层为基底, 北部不整合于丹凤群之上, 为一套浅海相沉积组合, 泥盆系沉积大量的碎屑岩、泥质灰岩、结晶灰岩和生物碎屑灰岩<sup>[17, 18]</sup>。已有研究表明, 晚三叠世北秦岭地区应为大鄂尔多斯盆地的一部分, 只

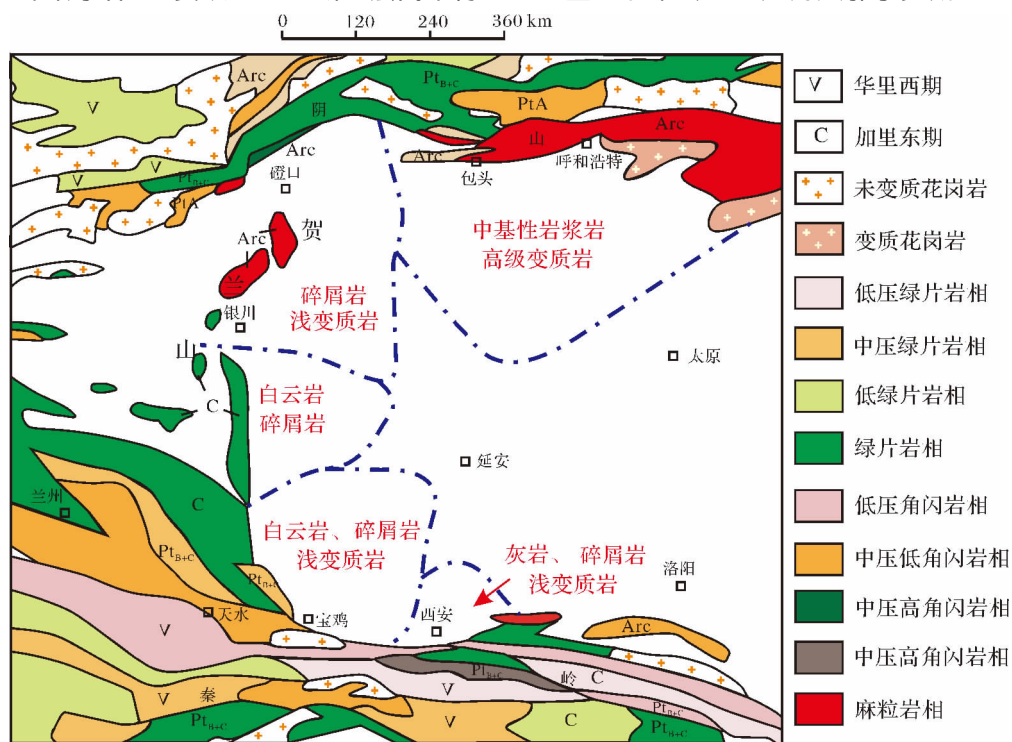


图 9 鄂尔多斯盆地边缘古陆基岩类型分布图( 据变质地质图)

Fig. 9 Bedrock classification distribution in the margin of Ordos Basin( based on metamorphic map)



是由于印支—燕山期构造活动破坏,致使断层切割和侵蚀缺失<sup>[18]</sup>,盆地南部地区长7砂岩中可见到与秦岭造山带泥盆系灰岩相应的棘皮有孔虫等生物碎屑,证实该时期秦岭造山带泥盆系为盆地南部提供物源。

在以上源区地层整理分析的基础上,绘制出各源区基岩分布图(图9),并结合多种物源分析的方法,归纳出与盆地长7沉积岩对应的母岩类型。

### 3 结论

(1) 鄂尔多斯盆地延长组长7时期存在五个物源区,东北、西南源区占主导地位,其中东北部母岩为富含石榴子石的孔兹岩系和中基性岩浆岩,前者分布在太古—元古界地层中,变质程度达到角闪—麻粒岩相,后者主要分布在元古界中;西南部母岩以沉积岩和变质岩为主,变质岩以元古界中的片麻岩为主,变质程度达到角闪—绿片岩相,沉积岩来自古生界—中生界的海相—海陆交互相—陆相多期沉积的碳酸盐岩、碎屑岩。

(2) 西北、西部、南部作为次一级物源区,西北地区源区母岩以阿拉善地块北部绿片岩相变质岩为主,由于印支期巴彦浩特盆地抬升,下古生界碎屑岩在长7期参与了盆地西北部物源供给,从岩屑组成看未见高级变质岩岩屑,可能在该时期贺兰山群并未隆升剥蚀;西部源区主要为寒武—奥陶纪沉积的碎屑岩、碳酸盐岩“古陆梁”,为盆地内部主要提供碎屑岩、白云岩岩屑;南部以灰岩、浅变质岩类等组成母岩,变质程度中等,仅达到低角闪—绿片岩相,灰岩主要来自秦岭造山带上古生界泥盆系。

(3) 从泥岩的地化特征方面反映盆地东北部源区地层相对较老,大量物源来自太古界,从而证实东北部源区是个相对稳定的隆起区,长期对盆地内部提供物源,并且在这一情况下,物源延伸方向可能很远。

### 参考文献(References)

- 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 [He Zixin. The Evolution and Oil-gas of Ordos Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003]
- 刘化清, 袁剑英, 李相博, 等. 鄂尔多斯盆地延长期湖盆演化及其成因分析[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 52-56 [Liu Huaqing, Yuan Jianying, Li Xiangbo, et al. Lake basin evolution of Ordos Basin during Middle-Late Triassic and its origin analysis [J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(1): 52-56]
- 王峰, 王多云, 高明书, 等. 陕甘宁盆地姬塬地区三叠系延长组三角洲前缘的微相组合及特征[J]. 沉积学报, 2005, 23(2): 218-224 [Wang Feng, Wang Duoyun, Gao Mingshu, et al. The microfacies combination and characteristics of delta front in Yanchang Formation (Triassic) of Jiyuan Area Shaanxi-Gansu-Ningxia Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(2): 218-224]
- 杨华, 龚伟坦, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7沉积相分析[J]. 沉积学报, 2010, 28(2): 254-263 [Yang Hua, Dou Weitai, Liu Xianyang, et al. Analysis on sedimentary facies of Member 7 in Yanchang Formation of Triassic in Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(2): 254-263]
- 赵俊兴, 吕强, 李凤杰, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长组长6时期物源状况分析[J]. 沉积学报, 2008, 26(4): 610-616 [Zhao Junxing, Lv Qiang, Li Fengjie, et al. Sediment provenance analysis of the Chang 6 oil-bearing interval of Yanchang Formation in the south of Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(4): 610-616]
- 佩蒂庄. 沉积岩[M]. 北京: 石油工业出版社, 1981 [Francis J Pettijohn. Sedimentology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1981]
- 李珍, 焦养泉, 刘春华, 等. 黄骅凹陷高柳地区重矿物物源分析[J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(6): 5-7 [Li Zhen, Jiao Yangquan, Liu Chunhua, et al. Provenance analysis of heavy mineral in Gaoliu area of Huanghua Depression [J]. Petroleum Exploration and Development, 1998, 25(6): 5-7]
- 武法东, 陆永潮, 阮小燕. 重矿物聚类分析在物源分析及地层对比中的应用——以东海陆架盆地西湖凹陷平湖地区为例[J]. 现代地质, 1996, 10(3): 397-403 [Wu Fadong, Lu Yongchao, Ruan Xiaoya. Application of heavy minerals cluster analysis to study of clastic sources and stratigraphic correlation [J]. Geoscience, 1996, 10(3): 397-403]
- 邵磊, 朱伟林, 吴国璋, 等. 渤中凹陷及周边地区沉积岩若干稀土元素特征[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2001, 29(6): 662-665 [Shao Lei, Zhu Weilin, Wu Guoxuan, et al. Characteristic of some trace elements of sedimentary rock from the Bozhong and neighbor areas, Bohai Gulf Basin [J]. Journal of Tongji University, 2001, 29(6): 662-665]
- 程岳宏, 于兴河, 韩宝清, 等. 东濮凹陷北部古近系沙三段地球化学特征及地质意义[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 357-366 [Cheng Yuehong, Yu Xinghe, Han Baoqing, et al. Geochemical characteristics of the 3rd Member of Paleogene Shahejie Formation in Dongpu Depression and their geological implications [J]. Geology in China, 2010, 37(2): 357-366]
- Gu X X, Liu J M. Provenance and tectonic setting of the Proterozoic turbidites in Hunan, South China geochemical evidence [J]. Journal of Sedimentary Research, 2002, 72(3): 393-407
- 贾智敏, 何薇. 内蒙古阴山中生代地壳构造变形作用分析[J]. 内蒙古科技与经济, 2010, 5(3): 59-60 [Jia Zhimin, He Wei. Mesozoic crustal deformation analysis of Inner Mongolia Yinshan [J]. Inner Mongolia Science Technology & Economy, 2010, 5(3): 59-60]
- 刘少峰, 柯爱蓉, 吴丽云, 等. 鄂尔多斯西南缘前陆盆地沉积物物源分析及其构造意义[J]. 沉积学报, 1997, 15(1): 156-160 [Liu Shaofeng, Ke Airong, Wu Liyun, et al. Sediment provenance analysis and its tectonic significance in the foreland basin of the Ordos southwestern margin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(1): 156-160]

- 14 陈刚, 王志维, 白国娟, 等. 鄂尔多斯盆地中生代峰值年龄事件及其沉积-构造响应[J]. 中国地质, 2007, 34(3): 375-383 [Chen Gang, Wang Zhiwei, Bai Guojuan, *et al.* Meso-Cenozoic peak-age events and their tectono-sedimentary response in the Ordos basin[J]. *Geology in China*. 2007, 34(3): 375-383]
- 15 章贵松, 张军, 任军峰, 等. 六盘山弧形冲断体系构造新认识[J]. 新疆地质, 2006, 27(5): 542-544 [Zhang Guisong, Zhang Jun, Ren Junfeng, *et al.* Approach to Liupanshan arc thrust system in Ordos Basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*. 2006, 27(5): 542-544]
- 16 贺静, 冯胜斌, 袁效奇, 等. 鄂尔多斯盆地周缘延长组露头剖面砂岩组分及地质意义分析[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(6): 1-8 [He Jing, Feng Shengbin, Yuan Xiaoqi, *et al.* Analysis of sandstone composition of outcrops of Yanchang Formation in the margin of Ordos Basin and its geological significance [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2011, 23(6): 1-8]
- 17 江育璞. 陕西秦岭山阳、柞水、旬阳地区泥盆系碳酸盐化石碎片的鉴定研究及其意义[J]. 陕西地质, 1988, 6(2): 43-97 [Jiang Yupu. Examination of the fossil clastic debris occurring in the Devonian carbonate in the Shanyang-Zhashui-Xunyang area of Qingling, Shaanxi [J]. *Geology of Shaanxi*, 1988, 6(2): 43-97]
- 18 阎臻, 王宗起, 王涛, 等. 秦岭造山带泥盆系形成构造环境: 来自碎屑岩组成和地球化学方面的约束[J]. 岩石学报, 2007, 23(5): 1023-1042 [Yan Zhen, Wang Zongqi, Wang Tao, *et al.* Tectonic setting of Devonian sediments in the Qinling orogeny: Constraints from detrital modes and geochemistry of clastic rocks [J]. *Acta Petrologica Sinica* 2007, 23(5): 1023-1042]

## Provenance and Parent-rock Types of Member 7 of Yanchang Formation( Triassic) , Ordos Basin

ZHANG Cai-li<sup>1 2</sup> ZHANG Lei<sup>1 2</sup> CHEN Tiao-sheng<sup>1 2</sup> ZHANG Yan<sup>1 2</sup>  
YANG Ya-juan<sup>1 2</sup> HUANG Jing<sup>1 2</sup> HE Jing<sup>1 2</sup> LI Hui<sup>3</sup>

(1. National Engineering Laboratory for Low-permeability Petroleum Exploration and Development , Xi'an 710018;

2. Research Institute of Exploration and Development ,Changqing Oilfield Company ,PetroChina , Xi'an 710018;

3. No. 7 Oil Recovery Plant of Changqing Oilfield Company , PetroChina Xi'an 710018)

**Abstract:** The research shows that there are 5 directions of provenances existed in Chang 7 period of Ordos Basin , that the northeast and southwest are main provenances , northwest , south and west as the secondary provenances. The lithological characteristics of parent rock from synthetic analyzing the light and heavy mineral characteristics and debris feature are inferred. Meanwhile , combining with the method of recovering relationship among heavy minerals reveals the feature of parent rocks.

According to the research , the basic magmatic rock and the high-grade metamorphic rock are main part in the rocks of the northeast area; The sedimentary rock and the low-grade metamorphic rock are main part of the rock in the southwest area; The low-grade metamorphic rock , dolomite rock and sedimentary rock are main part in the rocks of northwest area; The sedimentary rock and the low-grade metamorphic rock are main part in the rocks of north area; The sedimentary rock is main part in the rocks of west area. The REE pattern is similar to upper crust and the geochemical diagrams of Hf-La/Th , La/Sc-Co/Th and REE-La/Yb indicate that the mudstones come from felsic rock area with less bedrock and andesite.  $(Gd/Yb)_N > 2$  shows that the provenance of northeast should be from Archean strata , and  $(Gd/Yb)_N < 2$  shows that the provenance of other areas should be from the strata above Archean.

On this basis , by arranging the lithology of bedrock in the margin of Ordos Basin , it recovers that granulite-facies metamorphite series are outcropped in the northeast area. The degree of metamorphism can be greenschist-facies to amphibolite-facies of low-medium pressure type in the southwest area. The metamorphism has reached granulite-facies to amphibolite-facies and greenschist-facies in the bedrock of northwest area. While greenschist facies to amphibolite facies of low pressure is the important metamorphism in the south area , and granulite-facies on local area.

Conclusion demonstrated that the parent rock can correspond to the bedrock in the northeast area , southwest area and west area. The high-grade metamorphic bedrock is developed in the northwest area and south area which were not found at the parent rock in these deposition areas. Therefore , it was inferred that the old bedrock in these areas has not uplifted at Chang 7 period , and not providing source to basin.

**Key words:** light and heavy mineral; cluster analysis; provenance direction; parent-rock properties; Ordos Basin