

文章编号: 1000-0550(2012)06-0999-11

鲁西隆起区晚中生代地层碎屑石榴石分析及物源区构造演化示踪^①

卜香萍¹ 石永红² 李忠³

(1. 安徽省地球物理地球化学勘查技术院 合肥 230022; 2. 合肥工业大学资环学院 合肥 230009;
3. 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室 北京 100029)

摘要 以鲁西淄博、临朐、平邑、蒙阴盆地为重点研究区,通过盆地中生界砂岩中碎屑石榴石的成分分析,探讨鲁西隆起及周边地区中生代构造演化历史。研究表明,鲁西盆地砂岩中石榴石成分在早中侏罗世和中晚侏罗世期间出现变化,暗示着物源的转变,早中侏罗世时期主要物源是鲁西隆起,中晚侏罗世时期转变为胶东地区和鲁西隆起。侏罗纪时期石榴石的物源转变显示,苏鲁苏鲁造山带可能在中晚侏罗世时期已经抬升至地表。白垩纪鲁西盆地物源主要为胶东地区,鲁西隆起的物源贡献较小,但是青山组中段和王氏组中段物源略有波动。白垩纪鲁西盆地石榴石物源显示,控制鲁西盆地沉积的主要是苏鲁造山带,古地理格架显示东高西低的特征,盆地物源的波动暗示鲁西隆起可能在早白垩世中晚期和晚白垩世中期经历过抬升。

关键词 鲁西隆起 构造演化 石榴石 物源

第一作者简介 卜香萍 女 1981年出生 硕士 助理工程师 构造地质学

通信作者 石永红 E-mail: yonghongshi3110@sohu.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

华北东部中生代构造体制的重大转折事件一直为人们所关^[1-7]。鲁西隆起作为华北板块东部的重要组成部分,对其详细的地质学研究将是透视华北东部中生代构造转折事件的重要场所。目前,对于鲁西隆起的研究多集中在构造、岩石地球化学和年代学方面^[8-14],进而探讨该地区中生代的演化历史。由于研究的角度和方法差异,人们对于鲁西地块中生代的构造阶段划分及其成因认识并不统一。翟明国等^[15,16]对此曾做过系统论述,并提出中生代构造转折事件起始于晚侏罗世,结束于早白垩世晚期,并认为这种构造体制的转折是陆内构造运动的结果,是中国陆块(华南—华北—蒙古)与西部特提斯洋闭合、北部西伯利与中国陆块的碰撞,以及东部的古太平洋闭合共同作用下形成的;李三忠等^[17]从构造角度则划分了5个构造阶段,强调这种构造转折是由于太平洋板块持续俯冲的结果;张锡明等^[12]则依据沉积—岩浆—构造演化序列认为鲁西地块经历了6个构造事件,并认为其是受大别—苏鲁碰撞造山和太平洋板块俯冲所致;王先美等^[13]则根据构造地质学和年代学的研究倾向于将鲁西隆起晚中生代划分3期构造

阶段。李临华^[18]则从盆地沉积角度分析认为鲁西地块中生代的构造活动发生于中—晚侏罗世、早白垩世早期和早白垩世晚期。

本文期望通过对鲁西隆起区中生代盆地中的碎屑石榴石的高分辨率分析研究,从沉积学角度客观地再现鲁西地块中生代构造演化过程,进而探讨鲁西隆起晚中生代构造转折机制。

1 地质背景

鲁西地区主要是指山东省潍坊—临沂一线以西的地区,东以郯庐(郯城—庐江)断裂为界(图1);西以聊考(聊城—兰考)断裂为界;北以齐广(齐河—广饶)断裂为界^[9]。鲁西地区中部主要为鲁西隆起基岩出露区,其外围则多为断陷盆地。鲁西中生代断陷盆地主要形成于侏罗—白垩纪,出露地层较为齐全(表1)。侏罗系主要有坊子组和三台组,坊子组由一套灰色长石砂岩、粉砂岩及炭质页岩组成,三台组为砖红色、杂色砂岩夹砾岩。白垩纪时期主要发育蒙阴组、青山组、王氏组,蒙阴组为灰绿色砂岩夹页岩,青山组是一套中基性火山熔岩、火山碎屑岩,青山组又

^①国家重点研究发展规划(973)(编号:2009CB825008)资助。
收稿日期:2011-07-16;收修改稿日期:2012-05-07



图1 鲁西盆地及周边地区地质简图

Fig.1 Geological sketch map of Luxi Basin

表1 鲁西盆地中生代地层及样品层位简表

Table 1 Mesozoic strata and sampling horizons of Luxi basin

地质时代		地层	代号	主要岩性	厚度/m	样品	
代	纪						
中生代	白垩纪	王氏组	上	K_2w^3	灰、灰紫色砾岩、砂岩及紫红色砂纸泥岩和泥岩,下粗上细韵律发育	132 ~ 272	
			中	K_2w^2	砖红色细砂岩、泥质粉砂岩、及灰绿色粉砂纸泥岩为主,可见棕红色泥岩	200 ~ 961	SD070-1、SD074-2
			下	K_2w^1	灰紫、紫灰色砾岩、砂砾岩、粗砂岩,夹紫红色、砖红色泥质粉砂岩	198 ~ 336	SD080-1、SD080-2
		青山组	上	K_1q^3	安山岩、玄武安山质集块角砾岩、角砾凝灰岩,偶见少量熔岩。	60 ~ 500	
			中	K_1q^2	灰色、灰绿色中粗粒、中细粒长石砂岩、粉砂岩,夹玻屑凝灰岩、安山岩	100 ~ 433	SD016-1、SD025-2
			下	K_1q^1	安山岩、粗安岩、玄武岩、玄武安山岩、安山质集块角砾岩、凝灰岩等,可见紫红色砂砾岩夹层	42 ~ 800	SD020-1、SD020-3、SD021-2
			蒙阴组	K_1m	灰绿色、紫红色中粗粒岩屑长石砂岩、砂砾岩,凝灰质砂岩及含凝灰质岩屑砂岩	370	SD003-1、SD026-2
	侏罗纪	晚	三台组	J_3s	紫红色、灰绿色砂岩为主,底部夹有浅紫色、黄绿色砂砾岩	200 ~ 600	SD092-1、SD089-1
		早	坊子组	$J_{1+2}f$	灰绿色砂岩、页岩,间有黄绿色砂岩、页岩及砾岩层,见有煤层或碳质页岩	177	SD090-1、SD085-1

分为下段、中段、上段,王氏组为紫红色砂砾岩、砂岩夹页岩,分为下段、中段、上段。

鲁西地区基底由新太古代泰山岩群、TTG 岩系和古元古代花岗质岩石组成;其中泰山岩群主要由斜长角闪岩和黑云变粒岩组成;花岗质岩体主要由片麻状二长花岗岩、闪长岩—花岗闪长岩系列组成^[19]。位于鲁西隆起东侧的胶东地区主体为苏鲁造山带,主要由花岗片麻岩、榴辉岩、麻粒岩、负片麻岩、片岩以及低级变质沉积岩系构成^[20,21]。

2 碎屑石榴石矿物学特征及精确成分研究

本次分析样品取自鲁西隆起区的平邑、蒙阴、淄博、临朐、沂水等断陷盆地(图1),共采集了110个样品,均为中生界砂岩,分离出砂岩中的石榴石,从中挑选了15个样品进行电子探针分析。侏罗系坊子组和三台组各2个样品,白垩纪蒙阴组2个样品,青山组

下段3个样品,青山组中段2个样品,王氏组下段、中段各2个样品。青山组上段因火山岩较发育,未采集到砂岩样品,王氏组上段出露地区很少^[22],故王氏组上段样品也未采集(表1)。砂岩中碎屑石榴石的分离与选取参照李任伟等^[36]的方法,通过淘洗、重液、精淘分离和电磁分离挑选出碎屑石榴石,共获得了600多粒石榴石的化学成分,代表性石榴石成分见表2,每一层位中选取的石榴石总数均在50颗以上(表3)。

2.1 碎屑石榴石矿物学分析

根据矿物学分析显示,鲁西隆起区断陷盆地中砂岩所含的碎屑石榴石主要有两类:一种碎屑石榴石多呈黄红色—浅粉色(图2a),颗粒粒径较大,多在0.2~0.5 mm之间,呈次棱角状;另一种石榴石多为淡黄色—浅灰色(图2b),粒径相对较小,约0.1~0.3 mm,为棱角至次棱角状。总体而言,这两类石榴石表面均较为粗糙,凹凸较为显著,颗粒的棱角分明,暗示

表2 鲁西盆地代表性石榴石成分

Table 2 Composition of representative garnet in Luxi basin

源区	LX-I		JD-I			JD-II			TL-III							
	J _{1+2f}	J _{3s}	K _{1m}	K _{1m}	K _{2w²}	K _{1q¹}	K _{1q¹}	K _{2w¹}	K _{2w²}	J _{1+2f}	J _{3s}	K _{1m}	K _{2w²}	J _{1+2f}	K _{1q²}	K _{2w¹}
样品	SD086-I	SD089-I	SD003-I	SD026-2	SD070-I	SD021-2	SD021-2	SD080-I	SD074-2	SD086-I	SD092-I	SD012-I	SD074-2	SD090-I	SD016-I	SD080-2
SiO ₂	36.93	37.23	36.72	38.25	38.37	37.65	37.94	37.60	38.62	35.94	37.74	38.08	37.95	39.33	37.85	37.12
TiO ₂	0.11	0.04	0.03	0.03	0.30	0.32	0.34	0.00	0.05	0.08	0.06	0.00	0.10	0.01	0.03	0.01
Al ₂ O ₃	20.65	20.99	21.13	21.10	21.37	20.79	21.65	21.78	21.38	20.76	21.28	21.67	21.42	22.33	21.41	20.33
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0.09	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.06	0.06	0.05	0.02	0.02	0.05	0.09	0.00
FeO	28.18	35.08	35.53	29.51	24.27	27.43	31.54	34.09	27.20	33.66	32.18	31.89	31.15	27.18	30.64	29.46
MnO	8.46	1.28	1.41	1.64	1.30	1.93	0.68	1.34	1.76	4.07	0.37	1.96	0.55	0.19	0.32	1.03
MgO	1.67	4.06	3.57	3.06	3.76	3.20	5.78	4.59	6.36	2.29	6.91	5.61	7.49	9.84	7.36	4.03
CaO	3.34	0.86	1.53	7.12	10.49	7.74	2.69	1.10	5.50	1.69	0.83	1.27	0.99	1.33	1.87	6.46
Na ₂ O	0.04	0.06	0.00	0.01	0.06	0.04	0.03	0.02	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.08	0.01	0.02
Total	99.39	99.64	100.00	100.73	99.91	99.10	100.66	100.54	100.97	98.53	99.42	100.51	99.68	100.32	99.57	98.44
TSi	3.01	2.99	2.95	3.02	3.01	3.01	2.97	2.98	2.98	2.96	2.98	3.00	2.98	3.00	2.97	2.98
TAl	0.00	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.05	0.02	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02
AlVI	1.98	1.98	1.95	1.96	1.97	1.96	1.97	2.01	1.93	1.97	1.96	2.00	1.95	2.01	1.95	1.91
Fe ³⁺	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.08	0.06	0.05	0.00	0.05	0.00	0.07	0.10
Ti	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe ²⁺	1.92	2.33	2.30	1.95	1.59	1.83	2.04	2.25	1.68	2.25	2.08	2.10	1.99	1.74	1.94	1.88
Mg	0.20	0.49	0.43	0.36	0.44	0.38	0.68	0.54	0.73	0.28	0.81	0.66	0.88	1.12	0.86	0.48
Mn	0.58	0.09	0.10	0.11	0.09	0.13	0.05	0.09	0.12	0.28	0.02	0.13	0.04	0.01	0.02	0.07
Ca	0.29	0.07	0.13	0.60	0.88	0.66	0.23	0.09	0.46	0.15	0.07	0.11	0.08	0.11	0.16	0.56
Na	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

LX-I 鲁西泰山群变质岩石榴石单元; LX-II 鲁西平邑砂卡岩石榴石单元; LX-III 鲁西蒙阴金伯利岩石榴石单元; TL-I 郯庐断裂带沂水地区基性变质岩石榴石单元; TL-II 郯庐断裂带沂水紫苏花岗岩中石榴石; TL-III 郯庐断裂带沂水泥质变质岩石榴石; JD-I 胶东榴辉岩中石榴石; JD-II 胶东麻粒岩中石榴石; JD-III 胶东片麻岩中石榴石

表3 鲁西盆地各物源含量

Table 3 The content of all provenance in Luxi basin

地层	样品	总颗 粒数	LX-I		LX-II		LX-III		TL-I		TL-II		TL-III		JD-I		JD-II		JD-III		w_w		
			颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	颗数	含量	
王氏组	中段	SD070-1	53	11 20.8%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	7 13.2%	17 32.1%	4 7.5%	9 17.0%	10 18.9%	12 22.6%									
		SD074-2	61	10 16.4%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	9 14.8%	14 23.0%	10 16.4%	15 24.6%	5 8.2%	12 19.7%									
	下段	SD080-2	40	2 5.0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	9 22.5%	13 32.5%	4 10.0%	7 17.5%	4 10.0%	14 35.0%									
		SD080-1	28	2 7.1%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 14.3%	4 14.3%	0 0.0%	3 10.7%	0 0.0%	19 67.9%									
青山组	上段	缺失																					
	中段	SD016-1	44	5 11.4%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	17 38.6%	17 38.6%	1 2.3%	6 13.6%	0 0.0%	15 34.1%									
		SD025-2	25	14 56.0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	1 4.0%	1 4.0%	0 0.0%	5 20.0%	0 0.0%	5 20.0%									
	下段	SD020-3	16	1 6.3%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 25.0%	6 37.5%	1 6.3%	3 18.8%	2 12.5%	5 31.3%									
		SD020-1	13	1 7.7%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0.0%	1 7.7%	4 30.8%	1 7.7%	1 7.7%	5 38.5%									
SD021-2		26	1 3.8%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	2 7.7%	4 15.4%	11 42.3%	5 19.2%	2 7.7%	5 19.2%										
蒙阴组	SD003-1	24	7 29.2%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 16.7%	12 50.0%	2 8.3%	2 8.3%	8 33.3%	1 4.2%										
	SD026-2	60	19 31.7%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 6.7%	16 26.7%	4 6.7%	11 18.3%	12 20.0%	10 16.7%										
三台组	SD092-1	37	20 54.1%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	9 24.3%	16 43.2%	0 0.0%	0 0.0%	7 18.9%	1 2.7%										
	SD089-1	85	37 43.5%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	12 14.1%	29 34.1%	0 0.0%	7 8.2%	17 20.0%	12 14.1%										
坊子组	SD090-1	10	5 50.0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	1 10.0%	4 40.0%	0 0.0%	0 0.0%	3 30.0%	1 10.0%										
	SD086-1	85	70 82.4%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	4 4.7%	11 12.9%	0 0.0%	0 0.0%	7 8.2%	4 4.7%										

LX-I 鲁西泰山群变质岩石榴石单元; LX-II 鲁西平邑砂卡岩石榴石单元, LX-III 鲁西蒙阴金伯利岩石榴石单元, TL-I 郯庐断裂带沂水地区基性变质岩石榴石单元, TL-II 郯庐断裂带沂水紫苏花岗岩中石榴石; TL-III 郯庐断裂带沂水泥质变质岩石榴石, JD-I 胶东榴辉岩中石榴石; JD-II 胶东麻粒岩中石榴石; JD-III 胶东片麻岩中石榴石

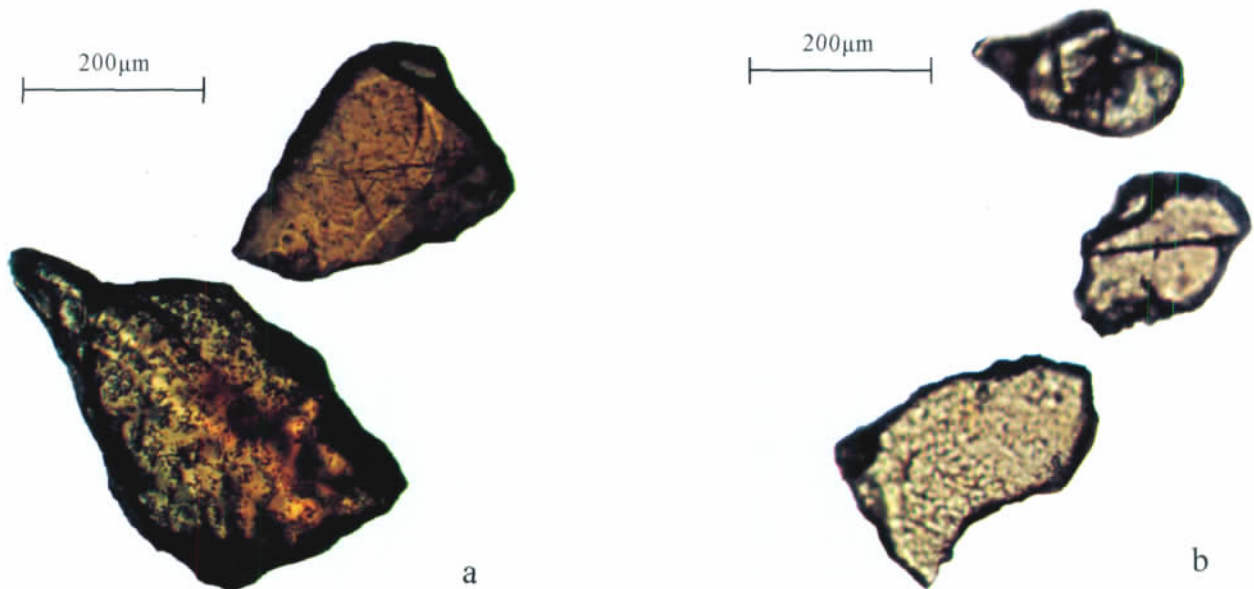


图2 典型石榴石镜下照片(单偏光)

a. 黄红色—浅粉色石榴石; b. 淡黄色—浅灰色石榴石

Fig. 2 Microscopic picture of representative garnet

暗示了近源堆积特征。对比前人在鲁西地区和胶东地区的石榴石矿物学研究看^[23-26],前者石榴石多与鲁西地区的石榴石类似,后者则与胶东地区石榴石矿物特征相近。而根据统计分析结果分析,黄红色—浅粉色石榴石在侏罗系坊子组中含量最多,在三台组中这两种石榴石含量大致相等,至白垩纪时,则淡黄色—浅灰色含量占据主导地位。

2.2 碎屑石榴石精确成分确定

碎屑石榴石的成分分析由中国科学院地质与地球物理研究所电子探针分析室完成,探针仪型号为CAMECA SX51,加速电压和电流分别为15 kV和20 nA,代表性分析数据见表2。为确保石榴石分析数据的客观性和统计性,本次研究对各时代地层选取了2个以上的碎屑砂岩样品,每个层位分析的石榴石颗粒数在50个以上。为了进行物源分析和对比,前人收集了鲁西及胶东地区的石榴石成分,并建立了可供对比的源区标尺^[27]。按照物源区产出位置,划分出鲁西石榴石单元、郯庐石榴石单元和胶东石榴石单元。根据岩性的差异,各单元分别划分出三个亚单元。根据鲁西断陷盆地中砂岩的石榴石成分分析与源区对比可以看出(图3表3):

(1) 早—中侏罗世期坊子组:共采SD090-1和SD086-1两个样品(图3a,表3)。总颗粒数为95粒,SD090-1和SD086-1分别为10颗与85颗,其中落入LX-I区域为50%~82.4%(平均66.2%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为0颗;位于JD-II区域的也为0颗;落入JD-III区域的则为8.2%~30%(平均19.1%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为4.7%~10%(平均7.4%);TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约12.9%~40%(约26.5%)。落入外围石榴石的颗粒约4.7%~10%(平均7.4%)。

(2) 中—晚侏罗世期三台组:共采SD092-1和SD089-1两个样品(图3b,表3)。总颗粒数为122粒,SD092-1和SD089-1分别为37与85颗,其中落入LX-I区域为43.5%~54.1%(平均48.8%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为0颗;位于JD-II区域为0%~8.2%(平均4.1%);落入JD-III区域的则为19%~20%(平均19.5%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为14.1%~24.3%(平均19.2%);TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约34.1%~43.2%(约38.7%)。落入外围石榴石的颗粒约

2.7%~14.1%(平均8.4%)。

(3) 白垩纪早期蒙阴组:共采SD003-1和SD026-2两个样品(图3c,表3)。总颗粒数为84粒,SD003-1和SD026-2分别为24颗和60颗,其中落入LX-I区域为29.2%~31.7%(平均30.5%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为6.7%~8.3%(平均7.5%);位于JD-II区域的为8.3%~18.3%(平均13.3%);落入JD-III区域的则为20%~33.3%(平均26.7%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为6.7%~16.7%(平均11.7%);TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约26.7%~50%(约38.3%)。落入外围石榴石的颗粒约4.2%~16.7%(平均10.4%)。

(4) 白垩纪早期青山组下段:共采了SD020-1、SD020-3、SD021-2三个样品(图3d,表3)。总颗粒数为55粒,样品SD020-1、SD020-3、SD021-2颗粒数分别为13、16、26,其中落入LX-I区域为3.8%~7.7%(平均5.9%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为6.3%~42.3%(平均26.4%);位于JD-II区域的为7.7%~19.2%(平均15.2%);落入JD-III区域的则为7.7%~12.5%(平均9.3%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为0%~25%(平均10.9%);TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约7.7%~37.5%(约20.2%)。落入外围石榴石的颗粒约19.2%~38.5%(平均29.6%)。

(5) 白垩纪早中期青山组中段:共采SD016-1和SD025-2两样品(图3e,表3)。总颗粒数为69粒,SD016-1和SD025-2分别为44、25颗,其中落入LX-I区域为11.4%~56%(平均33.7%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为0~2.3%(平均1.1%);位于JD-II区域的为13.6%~20%(平均16.8%);落入JD-III区域的则为0颗。TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约4%~38.6%(约21.3%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为4%~38.6%(平均21.5%);落入外围石榴石的颗粒约20%~34.1%(平均27%)。

(6) 白垩纪早中期王氏组下段:共采SD080-1和SD080-2两样品(图3f,表3)。总颗粒数为68粒,共采SD080-1和SD080-2分别为40、28颗,其中落入LX-I区域为5%~7.1%(平均6.1%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为

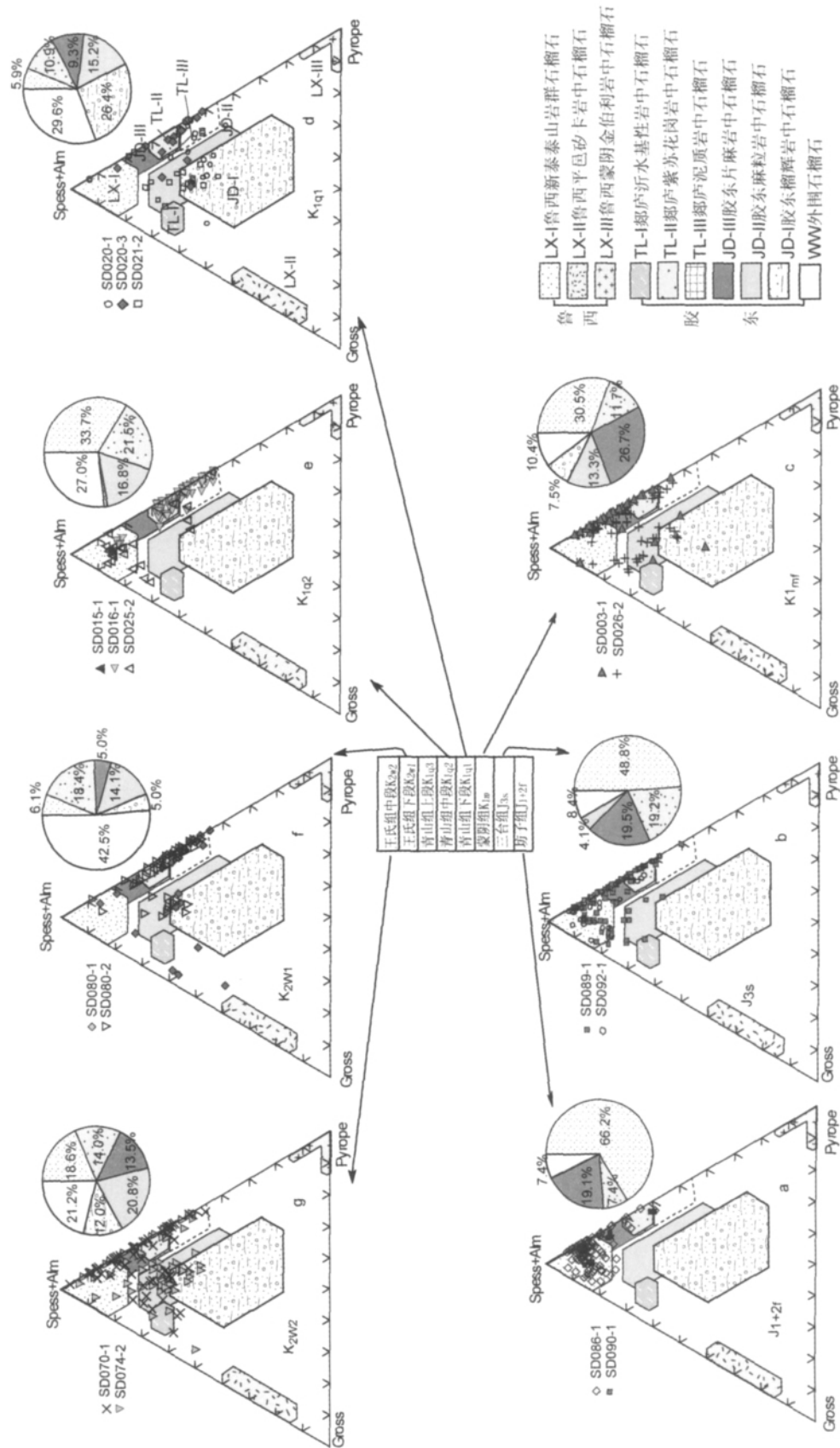


图3 鲁西盆地中生代石榴石成分图
 Gross - 钙铝榴石, Spess - 镁铝榴石, Pyrope - 镁榴石, Alm 铁铝榴石
 Fig. 3 Garnet component in Mesozoic strata of Luxi basin

0~10% (平均5%);位于JD-II区域的为10.7%~17.5% (平均14.1%);落入JD-III区域的则为0%~10% (平均5%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为14.3%~22.5% (平均18.4%);TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约14.3%~32.5% (约23.4%)。落入外围石榴石的颗粒约35%~67.9% (平均51.4%)。

(7) 白垩纪早中期王氏组中段:共采SD070-1和SD074-2两个样品(图3g,表3)。总颗粒数为114粒,SD070-1和SD074-2分别为53、61颗,其中落入LX-I区域为13.2%~14.8% (平均14%);没有石榴石落入LX-II和LX-III内。落入JD-I区域的石榴石为7.5%~16.4% (平均12%);位于JD-II区域的为17%~24.6% (平均20.8%);落入JD-III区域的则为8.2%~18.9% (平均13.5%)。落入TL-I区域的石榴石为0颗;位于TL-II区域的为4.7%~10% (平均7.4%);TL-III区域则为TL-II和JD-III区域的总和,约23%~32.1% (约27.5%)。落入外围石榴石的颗粒约19.7%~22.6% (平均21.2%)。

3 高分辨率石榴石分析及对鲁西隆起构造演化的启示

目前,石榴石成分示踪物源的方法在国内外沉积学研究中已逐渐广泛应用,并获得了较好的效果^[27~38]。由于石榴石比较稳定,在风化、搬运、沉积和成岩作用过程中不容易发生变化,且各时代地层中均有大量产出。加之石榴石成分具有显著的专属性,即不同源区的石榴石成分差异显著。因此,无论是统计性、时代的连续性,还是沉积物源准确判别方面,从沉积学角度都能连续地、客观地反演盆山耦合过程。

从图3a可以看出,在下一中侏罗统坊子组砂岩中,碎屑石榴石主要来自鲁西地区,两个样品(SD86-1和SD090-1)的石榴石平均含量为66.2%,而胶东地区的石榴石含量仅为26.5%,矿物学研究也显示黄红色—浅粉色石榴石(鲁西地区)占据大多数。相反,在中—上侏罗统的三台组砂岩中(图3b),碎屑石榴石含量发生显著变化,样品SD089-1和SD092-1的石榴石分别来自鲁西地区和胶东地区,两者含量相近,鲁西为48.8%,胶东为42.8%。这意味着在早—中侏罗世和中—晚侏罗世之间,物源源区发生了明显改变,由鲁西地区逐渐转为胶东地区。从地质背景上分析,胶东地区属于大别—苏鲁碰撞造山带的最东端,进而暗示了苏鲁碰撞造山带于中—晚侏罗世已抬

升至地表并开始遭受剥蚀、搬运和沉积。根据沉积地层的产出时代和碎屑锆石的初步分析^[39]、李双应等^[40]、Li等^[41]和Wang等^[42]在大别碰撞造山带北缘的合肥盆地中的中—上侏罗统的毛坦厂组和凤凰台组中确证了榴辉岩的存在,这表明该造山带已在中—晚侏罗世折返并抬升至地表,这一结果与此次确定的苏鲁造山带抬升时间是一致的。

在整个白垩纪期间,碎屑石榴石的含量变化主体表现为来自胶东地区。从图3c至图3g可以看出,来自胶东地区的碎屑石榴石含量在39.5%~61.9%,鲁西地区的碎屑石榴石含量在5.9%~33.7%。这表明苏鲁造山带在白垩纪期间是鲁西断陷盆地的主要物源区,整个构造格局受该造山带的制约和控制,古地理构造特征显示东高西低的形态。然而,我们注意到在下白垩统下段蒙阴组(图3c)、下白垩统中—上部青山组中段(图3e)和上白垩统上部王氏组中段(图3g),来自鲁西地区的碎屑石榴石含量相对而言较高,分别为30.5%、33.7%和18.6%。对于这些变化或异动,我们认为可能与环太平洋板块持续北西向的俯冲和造山后的沉积延续效应相关。就下白垩统下部蒙阴组而言,来自鲁西地区的碎屑石榴石含量相对最高,这可能是由于苏鲁造山带初时抬升至地表,并没有完全控制鲁西断陷盆地的沉积,致使鲁西地区物源还有一定量的沉积所致。直至早白垩世早—中期的青山组下段,来自鲁西地区的碎屑石榴石含量锐减至5.9%,此时,苏鲁造山带完全控制了盆山构造格局。

至早白垩世中—晚期,来自鲁西地区的碎屑石榴石含量则开始增高,达到33.7%。根据翟明国等^[15-16]的论述,这一时期为中国东部区域性的伸展变形高峰期(130 Ma),从而使鲁西地块活动,导致鲁西物源增多。这一过程可能与太平洋板块的北西向的俯冲相关^[17],直至晚白垩世早期构造活动转入平静期。在晚白垩世晚期王氏组中段,鲁西地区的碎屑石榴石含量有一次增高,达到18.6%,这暗示了鲁西又经历了一次的构造活动的叠加。李三忠等^[17]认为在白垩纪晚期,随着太平洋板块北西向的挤压增强,郯庐断裂再次出现左旋走滑作用,致使鲁西地块挤压隆起。若如此,来自鲁西地区的物源将肯定增多。

然而,纵观整个白垩纪期间,鲁西地区的物源尽管有局部时段增多现象,但总体而言,胶东地块即苏鲁造山带的物源始终占据主导位置,古地理格局显示东高西低的特征。当然,依据碎屑石榴石含量的变化

探讨源区的性质也有一些不确定的因素。在图3中可以看出,有许多石榴石落入未知区域,且含量变化较大,由7.4%至51.4%,对于这部分石榴石的归属,目前并没有很好的资料加以限定。造成这一不确定的原因,我们认为可能有两种:一是现阶段的背景资料不丰富或前人还没有发现这一源区;二是探针分析的误差导致成分分析的不确定性。根据分析,这两种因素可能都存在。例如,李忠等^[46]在新生代沉积地层中确定了蓝闪石存在,而区域地质背景并没有蓝闪石的源区确证。而根据石榴石的矿物学特征可以看出(图2),石榴石表面较为粗糙,有凹凸不平现象,从而造成探针分析的一些误差。但是,从石榴石的成分演化来看,位于外围的石榴石多在虚线以内(图3),整个成分趋势演变是与胶东地区的石榴石相关的。换言之,这部分石榴石可能是胶东地区的。设若如此,胶东的物质含量应当进一步较大。而变化最明显的应当是早白垩世的青山组和晚白垩世的王氏组,胶东的物源分别增至为94.1%、66.3%、93.9%和81.4%。相反,早—中侏罗世坊子组、中—晚侏罗世三台组和早白垩世蒙阴组的胶东物质含量变化并未有较大影响。基于对外围区域碎屑石榴石的认识,我们可以认为鲁西地区的碎屑石榴石含量并未受到任何影响,总体变化规律不变。

结合前人对中国东部构造演化的认识^[46~49],根据本次研究结果,我们认为鲁西地区的重要转折事件发生于中—晚侏罗世时期,此时苏鲁造山带已折返抬升至地表,并形成东高西低的地形,直至白垩纪末古地理构造格架没有任何改变,即苏鲁造山带的构造控制着鲁西地区的构造格局。尽管,在白垩纪有两次鲁西抬升的表现,但从碎屑石榴石含量变化来看,这两次抬升规模非常小,可能是受到环太平洋板块北西向的俯冲影响所致。

4 结论

早中侏罗世时期,给鲁西盆地提供物源的主要是鲁西隆起。中晚侏罗世时期,物源发生了明显变化,由鲁西地区逐渐转变为胶东地区。早白垩世时期,苏鲁造山带控制了鲁西断陷盆地的沉积,为鲁西盆地提供了大量的物源,鲁西隆起提供的物源占的比例较小,且变化不大,只在早白垩世中期和晚白垩世晚期有小幅的增加。

从盆地物源的变化折射出源区的构造演化历程。侏罗纪时期鲁西盆地物源变化暗示着苏鲁造山带中

晚侏罗世时期已经抬升至地表。侏罗纪时期,受早白垩世中国东部区域性伸展变形和晚白垩世郯庐断裂左旋走滑影响,鲁西盆地物源出现小幅变动,鲁西隆起可能在早白垩世中晚期和晚白垩世中期经历过抬升。

参考文献(References)

- 1 Fan W M, Menzies M A. Destruction of aged lower lithosphere and accretion of asthenosphere mantle beneath Eastern China[J]. *Geotectonic Metallogeny*, 1992, 16: 171-179
- 2 Menzies M A, Fan W M, Zhang M. Palaeozoic and Cenozoic lithoprobes and the loss of > 120 km of Archean lithosphere, Sino-Korean craton, China[M]//Prichard H M, Alabaster T, Harris N B W, *et al*, eds. *Magmatic processes and plate tectonics*. London: The Geological Society, 1993, 76: 71-81
- 3 胡受溪,赵乙英,胡志宏. 中国东部中生代活动大陆边缘构造—岩浆作用演化和发展[J]. *岩石学报*, 1994, 10(4): 370-381 [Hu Shouxi, Zhao Yiyong, Hu Zhihong, *et al*. Evolution and development of tectonics and magmatism at the active continental margin of the east China during Mesozoic and Cenozoic [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1994, 10(4): 370-381]
- 4 池际尚,路凤香. 华北地台金伯利岩及古生代岩石圈地幔特征[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 33-52 [Chi Jishang, Lu Fengxiang. *Kimberlite from North China Craton and Lithosphere Mantle*[M]. Beijing: Science Press, 1996: 33-52]
- 5 任纪舜,牛宝贵,和政军. 中国东部的构造格局和动力演化[J]. *地质研究*, 1997, (29/30): 43-55 [Ren Jishun, Niu Baogui, He Zhengjun. Tectonic frame and geodynamic evolution of eastern China [J]. *Geological Research*, 1997, (29/30): 43-55]
- 6 邵济安,牟保磊,张履桥. 华北东部中生代构造格局转换过程中的深部作用及浅部响应[J]. *地质论评*, 2000, 46(1): 32-39 [Shao Jian, Mu Baolei, Zhang Lǚqiao. Deep geological process and its shallow response during Mesozoic transfer of tectonic frameworks in eastern north China [J]. *Geological Review*, 2000, 46(1): 32-39]
- 7 马宗晋,王国权. 中国东部现今岩石圈结构的板条构造分区[J]. *高校地质学报*, 1999, 5(1): 7-16 [Ma Zongjin, Wang Guoquan. Strip-shaped tectonic division of contemporary lithospheric structure of eastern China [J]. *Geological Journal of China Universities*, 1999, 5(1): 7-16]
- 8 燕守勋,王桂梁,邵震杰,等. 鲁西地壳隆升的伸展构造模式[J]. *地质学报*, 1996, 70(1): 1-11 [Yan Shouxun, Wang Guiliang, Shao Zhenjie, *et al*. Extensional tectonic model of crustal evolution in western Shandong [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1996, 70(1): 1-11]
- 9 金振奎,刘泽容,石占中. 鲁西地区断裂构造类型及其形成机制[J]. *石油大学学报: 自然科学版*, 1999, 23(5): 1-5 [Jin Zhenkui, Liu Zerong, Shi Zhanzhong. Fault types and their formation in the Luxi Block [J]. *Journal of the University of Petroleum, China*, 1999, 23(5): 1-5]
- 10 牛树银,胡华斌,毛景文,等. 鲁西地区地质构造特征及其形成机制[J]. *中国地质*, 2004, 3(1): 34-39 [Niu Shuyin, Hu Huabin,

- Mao Jingwen, *et al.* Structure in western Shandong and its genetic mechanism[J]. *Geology in China*, 2004, 3(1): 34-39]
- 11 牛树银,孙爱群,等. 鲁西幔枝构造及其控矿特征[J]. *地质学报*, 2009, 83(5): 628-642 [Niu Shuyin, Sun Aiqun, *et al.* Mantle branch structure in Western Shandong and its ore-controlling characteristics[J]. *Acta Geologica Sinica* 2009, 83(5): 628-642]
 - 12 张锡明,张岳桥,季玮. 山东鲁西地块断裂构造分布型式与中生代沉积—岩浆—构造演化序列[J]. *地质力学学报*, 2007, 13(2): 162-172 [Zhang Ximing, Zhang Yueqiao, Ji Wei. Fault distribution patterns of the Luxi Block, Shandong, and Mesozoic sedimentary-magmatic structural evolution sequence [J]. *Journal of Geomechanics*, 2007, 13(2): 162-172]
 - 13 王先美,钟大赉,王毅. 鲁西北西向断裂系晚中生代活动的几何学、运动学及年代学研究[J]. *地质学报*, 2008, 82(9): 1258-1275 [Wang Xianmei, Zhong Dalai, Wang Yi. Geometry, kinematics and thermochronology study of the Late Mesozoic Movement of NW-trending faults, Western Shandong [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(9): 1258-1275]
 - 14 李理,钟大赉,时秀朋,等. 鲁西地区晚中生代以来伸展构造及其控矿作用[J]. *地质论评*, 2008, 54(4): 447-457 [Li Li, Zhong Dalai, Shi Xiupeng, *et al.* Late Mesozoic extensional structure and its constrains on mineralization in Western Shandong [J]. *Geological Review*, 2008, 54(4): 447-457]
 - 15 翟明国,朱日祥,刘建明,等. 华北东部中生代构造体制转折的关键时限[J]. *中国科学: D辑*, 2003, 33(10): 913-920 [Zhai Mingguo, Zhu Rixiang, Liu Jianming, *et al.* Tree range of Mesozoic tectonic regime inversion in eastern North China Block [J]. *Science in China: Series D*, 2003, 33(10): 913-920]
 - 16 翟明国,孟庆任,刘建明,等. 华北东部中生代构造体制转折峰期的地质效应和形成动力学探讨[J]. *地学前缘*, 2004, 11(3): 285-297 [Zhai Mingguo, Meng Qingren, Liu Jianming, *et al.* Geological features of Mesozoic tectonic regime inversion in Eastern North China and implication for geodynamics [J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11(3): 285-297]
 - 17 李三忠,王金铎,刘建忠,等. 鲁西地块中生代构造格局及其形成背景[J]. *地质学报*, 2005, 79(4): 487-497 [Li Sanzhong, Wang Jinduo, Liu Jianzhong, *et al.* Mesozoic structure and its tectonic setting in the west Shandong Block [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2005, 79(4): 487-497]
 - 18 李临华. 鲁西中新生代盆地充填系列及盆地类型[J]. *油气地质与采收率*, 2009, 16(3): 50-55 [Li Linhua. Mesozoic-Cenozoic sedimentary sequence and depositional basin types in the western Shandong [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2009, 16(3): 50-55]
 - 19 曹国权. 鲁西早前寒武纪地质[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 127-138 [Cao Guoquan. Early Precambrian Geology in the Western Shandong [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 127-138]
 - 20 Cong B L. Ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabie-Sulu region of China [M]. Beijing: Science Press, 1996: 171-177
 - 21 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991: 106-251 [Bureau Geology and Mineral Resources of Shandong Province. Regional Geology of Shandong Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991: 106-251]
 - 22 李守军,何文渊. 山东省中生代地层划分与对比[J]. *高校地质学报*, 1997, 3(1): 87-93 [Li Shoujun, He Wenyuan. Stratigraphic division and correlation of the Mesozoic strata in Shandong [J]. *Geological Journal of China University*, 1997, 3(1): 87-93]
 - 23 沈其韩,沈昆,等. 山东沂水杂岩的组成与地质演化[M]. 北京: 地质出版社, 2000: 1-58 [Shen Qihan, Shen Kun, *et al.* The Constituents and Crust Evolution of Yishui Complex, Shandong Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 1-58]
 - 24 徐惠芬,董一杰,施允亨. 鲁西花岗岩—绿岩带[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 56-67 [Xu Hui fen, Dong Yijie and Shi Yunheng. Granite-Greenstone Zone in the Western Shandong [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 56-67]
 - 25 常裕林,郑小礼,王晖. 胶东西北部玲珑、郭家岭超单元花岗岩成因探讨[J]. *地质找矿论丛*, 2006, 21: 91-96 [Chang Yulin, Zheng Xiaoli, Wang Hui. Probe into genesis of Linglong and Guojialing super-unit granites in western Jiaodong peninsular [J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 2006, 21: 91-96]
 - 26 周喜文,魏春景,耿元生,等. 胶北栖霞地区泥质高压麻粒岩的发现及其地质意义[J]. *科学通报*, 2004, 49(14): 1424-1431 [Zhou Xiwen, Wei Chunjing, Geng Yuansheng, *et al.* Discovery and implications of the high-pressure pelitic granulites from the Jiaobei massif [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(14): 1424-1431]
 - 27 石永红,李忠,卜香萍,等. 博兴洼陷新生代砂岩碎屑石榴石的物源示踪及对鲁西隆起的指示[J]. *沉积学报*, 2009, 27(5): 967-975 [Shi Yonghong, Li Zhong, Bu Xiangping, *et al.* Detrital garnets from Cenozoic sandstone across Boxiong Sag for provenance indicator and its implication for the Luxi uplift [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(5): 967-975]
 - 28 Morton A C. A new approach to provenance studies: electron microprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones of the northern North Sea [J]. *Sedimentology*, 1985, 32: 553-566
 - 29 Morton A C, Halls worth C R, Chalton B. Garnet compositions in Scottish and Norwegian basement terrains: a framework for interpretation of North Sea sandstone provenance [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2004, 21: 393-410
 - 30 Morton A C, Whitham A G, Fanning C M. Provenance of Late Cretaceous to Paleocene submarine fan sandstones in the Norwegian Sea: Intergration of heavy mineral, mineral chemical and zircon age data [J]. *Sedimentary Geology*, 2005, 182: 3-28
 - 31 Lihou J C, Mange-Rajetzky M A. Provenance of the Sardona Flysch, eastern Swiss Alps: example of high resolution heavy mineral analysis applied to an ultrastable assemblage [J]. *Sedimentary Geology*, 1996, 105: 141-157
 - 32 Halls worth C R, Chisholm J I. Stratigraphic evolution of provenance characteristics in Westphalian sandstones of the Yorkshire coalfield [J]. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, 2000, 53: 43-72
 - 33 Li R W, Li Z. Compositions of Jurassic detrital garnets in Hefei Basin

- and its implication to provenance reconstruction and stratigraphic correlation [J]. *Science in China*, 2001, 30(S1): 91-98
- 34 Li R W, Sun S, Li Z, Jiang M S, *et al.* Contribution of high pressure and ultrahigh-pressure rocks to the Jurassic sedimentation in Hefei basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18(4): 526-530
- 35 Takeuchi M. Message from the chemistry of elastic grains: provenance analysis based on chemical composition of detrital garnet and tectonic events in East Asia [J]. *Memoirs of the Geological Society of Japan*, 2000. 57: 183-194
- 36 李任伟, 李忠, 江茂生, 等. 合肥盆地碎屑石榴石组成及其对源区恢复和地层对比的意义 [J]. *中国科学: D 辑*, 2000, 30(增刊): 91-98 [Li Renwei, Li Zhong and Jiang Maosheng, *et al.* Compositions of Jurassic detrital garnets in Hefei Basin and its implication to provenance reconstruction and stratigraphic correlation [J]. *Science in China: Series D*, 2000, 30(Suppl.): 91-98]
- 37 李任伟, 孙枢, 李忠, 等. 高压—超高压岩石对合肥盆地侏罗系沉积的贡献 [J]. *岩石学报*, 2002, 18(4): 526-30 [Li Renwei, Sun Shu, Li Zhong, Jiang Maosheng, *et al.* Contribution of high-pressure and ultrahigh-pressure rocks to the Jurassic sedimentation in Hefei basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18(4): 526-530]
- 38 李双建, 石永红, 王清晨. 碎屑重矿物组成对南天山白垩纪—新近纪剥蚀去顶过程的指示 [J]. *地质学报*, 2006, 80(2): 217-225 [Li Shuangjian, Shi Yonghong, Wang Qingchen. Compositions of detrital heavy minerals and their implications for Cretaceous-Neogene erosion and unroofing process of south Tianshan [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(2): 217-225]
- 39 王道轩, 刘因, 李双应, 等. 大别超高压变质岩折返至地表的时间下限: 大别山北麓晚侏罗世砾岩中发现榴辉岩砾石 [J]. *科学通报*, 2001, 46(14): 216-220 [Wang Daoxuan, Liu Yin, Li Shuangying, *et al.* Lower time limit on the UHPM rock exhumation: Discovery of eclogite pebbles in the late Jurassic conglomerates from the northern root of the Dabie Mountains, eastern China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(14): 216-220]
- 40 李双应, 岳书仓, 王道轩, 等. 大别山造山带超高压变质岩折返隆升的地层学证据——毛坦厂榴辉岩砾石的启示 [J]. *地质论评*, 2002, 48(4): 345-352 [Li Shuangying, Yue Shucang, Wang Daoxuan, *et al.* Stratigraphic evidence of the exhumation and uplift of ultrahigh-pressure metamorphic rocks in the Dabie orogenic belt: Enlightenment from Eclogite Gravels in the Maotanchang Formation [J]. *Geological Review*, 2002, 48(4): 345-352]
- 41 Li Shuangying, Li Renwei, Yue Shucang, *et al.* Geochemistry of rare earth elements of Mesozoic-Cenozoic sandstones in the north margin of the Dabie Mountains and adjacent areas: constraints to source rocks [J]. *Journal of Rare Earths*, 2004, 22(4): 558-562
- 42 Wang Daoxuan, Liu Yin, Li Shuangying, *et al.* Lower time limit on the UHPM rock exhumation: Discovery of eclogite Debbles in the Late Jurassic conglomerates from the northern foot of the Dabie Mountains, eastern China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(3): 231-235
- 43 李忠, 许承武, 等. 济阳盆地南缘古近纪碎屑高压变质矿物的发现及其构造古地理含义 [J]. *岩石学报*, 2009, 25(12): 3130-3140 [Li Zhong, Xu Chengwu, *et al.* Discovery of detrital high-pressure metamorphic minerals from Paleocene-Eocene strata in Jiyang basin, North China, and its implication for tectonic-paleogeographic setting [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(12): 3130-3140]
- 44 吴智平, 侯旭波, 李伟. 华北东部地区中生代盆地格局及演化过程探讨 [J]. *大地构造与成矿*, 2007, 31(4): 385-399 [Wu Zhiping, Hou Xubo and Li Wei. Discussion on Mesozoic basin patterns and evolution in the Eastern-north China Block [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2007, 31(4): 385-399]
- 45 段秋梁, 谭未一, 杨长春, 等. 华北东部晚中生代伸展构造作用 [J]. *地球物理学进展*, 2007, 22(2): 403-410 [Duan Qiuliang, Tan Weiyi, Yang Changchun, *et al.* A review on the late Mesozoic extensional tectonics on the eastern North China Craton [J]. *Progress in Geophysics*, 2007, 22(2): 403-410]
- 46 林景仟, 谭东娟, 金焯. 鲁西地区中生代火成活动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄 [J]. *岩石矿物学杂志*, 1996, 15(3): 213-220 [Lin Jingqian, Tan Dongjuan, Jin Ye. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of Mesozoic igneous activities in western Shandong [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 1996, 15(3): 213-220]
- 47 王世进, 张成基, 杨恩秀, 等. 鲁西地区中生代侵入岩期次划分 [J]. *山东省国土资源*, 2009, 25(2): 18-24 [Wang Shijin, Zhang Chengji, Yang Enxiu, *et al.* Division of Mesozoic intrusive stages in Luxi Area [J]. *Shandong Land and Resources*, 2009, 25(2): 18-24]
- 48 宋明春. 山东省大地构造单元组成、背景和演化 [J]. *地质调查与研究*, 2008, 31(3): 166-177 [Song Mingchun. The composing, setting and evolving of tectonic unit in Shandong Province [J]. *Geological Survey and Research*, 2008, 31(3): 166-177]
- 49 彭兆蒙, 彭仕宓. 华北东部侏罗-白垩纪盆地演化及其对构造运动的响应 [J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2009, 24(5): 7-13 [Peng Zhaomeng, Peng Shimi. Analysis of the migration direction of two different types of petroleum in composite overpressure hydrocarbon generation system in Niuzhuang Subsag [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2009, 24(5): 7-13]

Fragment Garnet Analysis and Tectonic Evolution of Its Provenance in Late Mesozoic Strata in the Luxi Uplift

BU Xiang-ping¹ SHI Yong-shong² LI Zhong³

(1. Anhui Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Hefei 230022;

2. College of Resources & Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009;

3. State Key Laboratory of Lithospheric Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: This paper takes Zibo, Linqiu, Pingyi, Mengyin basin as the key study area. Through composition analysis of fragment garnet in Mesozoic sandstone, we try to discuss the tectonic evolution history of West Shandong uplift and the surroundings in Mesozoic. Research shows that garnet composition of Luxi basin changed from Early Mesozoic Jurassic to Mid-late Mesozoic Jurassic implying that the provenance of Luxi basin shifting. The provenance mainly came from West Shandong uplift in Early-Mid Jurassic period. Then the provenance turned to Jiaodong region and West Shandong uplift in Mid-late Mesozoic Jurassic period, but the main provenance was Jiaodong region. The changes of provenance of garnet in Jurassic Period showed that Sulu Orogen belt was probably uplifted to the earth's surface in Mid-late Jurassic. In Cretaceous period the main provenance of Luxi basin was Jiaodong area and Luxi uplift had little contribution in provenance supply, but the provenance supply of Luxi uplift shifted in mid-Qingshan Formation and mid-Wangshi Formation. In Cretaceous, Sulu Orogen belt controlled the sediment of Luxi Basin. Paleogeography framework indicates that the terrain of Shandong is higher in the east and lower in the west. The shifts of garnet provenance in Cretaceous showed that West Shandong uplift was probably uplifted in Mid-Late period in Early Cretaceous and mid-late period in Late Cretaceous.

Key words: West Shandong uplift; tectonic evolution; garnet; provenance