

文章编号:1001 - 6112(2006)03 - 0201 - 05

中上扬子地区晚三叠世—侏罗纪 砂岩构造意义及盆山耦合关系

刘云生^{1,2}, 郭战峰², 梁西文², 杨振武²

(1. 中国矿业大学, 北京 100032; 2. 中国石化 江汉油田分公司 勘探开发研究院, 湖北 潜江 433124)

摘要:利用 Dickinson 等人建立的砂岩碎屑模型, 对中上扬子地区晚三叠世—侏罗纪砂岩的组分特征进行研究, 分析碎屑岩的物源区类型, 认为晚三叠世—侏罗纪砂岩物源主要来自东秦岭—大别造山带、龙门山、江南逆冲带, 具有明显的再旋回造山带属性, 碎屑组分变化序列是盆缘造山带三期逆冲活动的沉积响应。通过分析晚三叠世—侏罗纪碎屑岩组分的构造意义, 确定晚三叠世—侏罗纪中上扬子地区盆地性质为发育于碰撞造山、逆冲推覆带之前缘的前陆盆地, 并探讨了东秦岭—大别造山带中生代的构造演化及其盆山耦合关系。

关键词:碎屑组分; 砂岩; 物源; 构造层序; 盆山耦合; 晚三叠世—侏罗纪; 中上扬子地区

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

东秦岭—大别造山带是由扬子板块与华北板块碰撞而成的, 这已得到众多地学工作者认同, 并且通过地质、地球化学、地球物理等方法, 分析了东秦岭—大别造山带俯冲碰撞造山的过程和大陆动力学机制, 建立了不同的构造模型和演化模式^[1-6]。本文在分析中上扬子地区晚三叠世—侏罗纪砂岩碎屑组分构造意义的基础上, 重点探讨了它们的物源区类型以及东秦岭—大别造山带等盆缘造山带构造活动的沉积响应和盆山耦合关系。

1 砂岩组分特征及构造意义

自晚三叠世至早白垩世, 中上扬子地区盆地充填序列可划分为 3 个构造层序, 即上三叠统(TS₁)、中—下侏罗统(TS₂)和上侏罗统—下白垩统(TS₃), 每个构造层序皆以陆相碎屑岩沉积充填为主。Dickinson 等^[7,8]认为大地构造性质不同的物源区提供给沉积盆地的沉积物也不同, 对沉积盆地岩石碎屑组分的研究可用来反溯物源区的构造背景。通过对中上扬子地区鄂东地区、秭归盆地、四川盆地东北部晚三叠世—侏罗纪砂岩的碎屑成分进行统计分析, 可以建立碎屑组分与不同物源区岩石构造背景的关系。

1.1 鄂东地区

鄂东地区上三叠统—侏罗系砂岩以长石岩屑砂岩、岩屑砂岩为主, 石英含量一般介于 40% ~ 70%, 物源区以再旋回造山类型为主(图 1)。晚三

叠世砂岩成分成熟度最高, 表明盆缘构造活动较弱, 以准平原化为特征; 早侏罗世物源区由与褶皱冲断带和混合造山相关属性向中侏罗世包含有岩浆弧或混合造山属性过渡, 且南北两侧构造强度具有一定差异。南部地区主要受江南逆冲带影响, 构造活动强度明显弱于北部; 而北部受大别造山带早燕山期强烈折返隆升持续活动影响, 板块碰撞带附近隆升的火成岩体提供物源供给, 砂岩成分成熟度

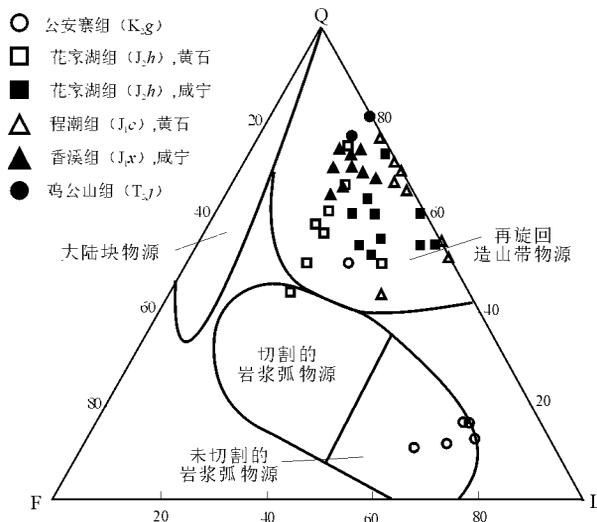


图 1 鄂东地区上三叠统—侏罗系砂岩主要组分及物源
Q. 石英; F. 长石; L. 岩屑

Fig. 1 The main detrital compositions and provenances of the Upper Triassic-Jurassic sandstones in the east of Hubei Province

收稿日期: 2005 - 10 - 21; 修订日期: 2006 - 03 - 31。

作者简介: 刘云生(1963—), 男(汉族), 湖北天门人, 高级工程师, 在职博士生, 主要从事构造和石油地质研究。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科学技术开发研究项目(P02006)。

明显低于南部(图 1)。早白垩世大别造山带沿造山带方向断裂活动和大量岩浆上侵,引发造山带核部强烈隆升剥蚀,白垩系公安寨组具有显著的弧造山带属性特征^[9]。晚三叠世至早白垩世 3 个构造层序砂岩碎屑组分的变化反映了盆缘物源区母岩的变化和构造活动的强度变化。

1.2 秭归盆地

秭归盆地上三叠统一侏罗系砂岩以长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、岩屑砂岩为主,物源区具再旋回造山带 岩浆弧造山 再旋回造山带的演化特征(图 2),物源区母岩性质不断变化控制了砂岩碎屑组分的变化(图 3),每一个新的岩屑类型在砂岩中的大量出现都反映了盆缘造山带一次强烈活动过程。构造层序 TS₁ 砂岩岩屑组分为“沉积岩 + 变质岩”组合,两者含量各占约 50%,主要为粉砂岩、绢云母泥板岩、硅质岩和少量的片岩、石英岩等,说明晚三叠世扬子板块与华北板块的陆、陆初始碰撞,南秦岭逆冲推覆隆升成为物源区,而南秦岭地区出露的震旦纪—早古生代浅变质沉积岩和碰撞带附近分布的二叠系硅质岩受到剥蚀,提供了大量的碎屑供给。早、中侏罗世东秦岭造山带持续推覆隆升,剥蚀层位加深,前震旦纪耀岭河群变质火山岩、武当群变质火山—沉积岩系开始成为盆地沉积的主要物源,造成砂岩岩屑中火山岩岩屑的增加,因此构造层序 TS₂ 砂岩岩屑组分为“火山岩 + 沉积岩”组合,安山岩岩屑、酸性火山岩岩屑和花岗岩岩屑含量可达 40%~60%。至晚侏罗世,随着前陆逆冲带向南推覆扩展抬升和黄陵隆起的快速

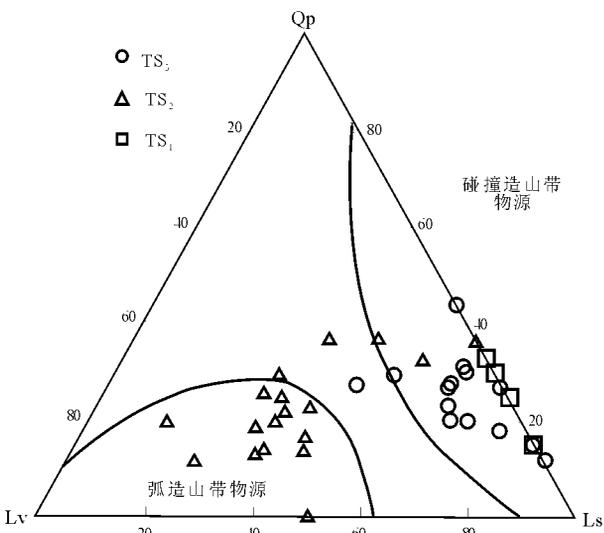


图 2 秭归盆地上三叠统一侏罗系砂岩主要组分及物源 Qp. 多晶石英;Lv. 火山岩岩屑;Ls. 不稳定沉积岩—变质岩岩屑 Fig. 2 The main detrital compositions and provenances of the Upper Triassic-Jurassic sandstones in the Zigui Basin

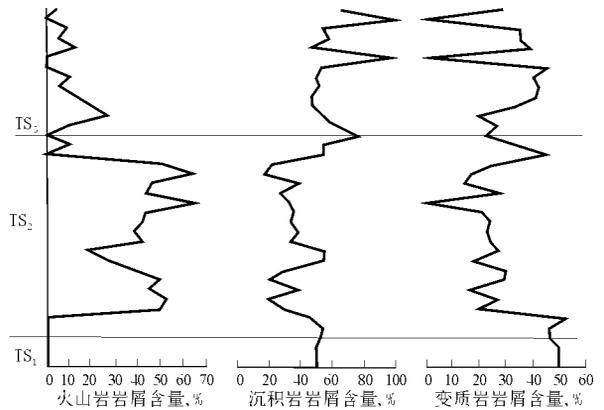


图 3 秭归盆地上三叠统一侏罗系砂岩碎屑组分变化 Fig. 3 Changes of the detrital compositions in the Upper Triassic-Jurassic sandstones in the Zigui Basin

隆升,扬子北缘前陆逆冲带台地区物质已成为主要物源区,造成构造层序 TS₃ 中砂岩岩屑组分为“沉积岩 + 变质岩”组合,沉积岩岩屑中新增加了碳酸盐岩岩屑,最大含量可达 69%~75%,而火山岩岩屑逐渐消失。

上述 3 个构造层序岩屑组分和组合特征不断变化是盆缘—前陆褶冲带 3 幕脉动式逆冲作用的沉积响应。

1.3 四川盆地

四川盆地上三叠统一侏罗系砂岩碎屑成分来自再旋回造山带物源区为主(图 4^[10])。晚三叠世诺利早期,龙门山已部分上升,提供了陆屑物源,砂岩碎屑组分以石英含量高(61.9%)和长石含量低(5%左右)为特点,应为龙门山的前陆盆地沉积^[11]。在构造层序 TS₂ 时代由老至新碎屑组分演化趋势表现为向多物源过渡特征,碎屑组分以石英含量低(43.5%)和长石含量高(22.7%)为特点,并伴有丰富的火山岩岩屑(18.4%),表明早—中侏罗世伴随秦岭造山带活动不断强化,沉积物源供给格局发生较大变化,即四川盆地北部的大巴山—米仓山成为另一个重要物源区。构造层序 TS₃ 砂岩碎屑组分在川西与川北、川东有较大差异,明显反映多物源区特征。川东地区为石英质再旋回造山带,即其物源为北部大巴山—米仓山推覆造山前缘的褶皱逆冲断块;川西地区为石英质—过渡再旋回造山带,即为前陆隆起造山带与板块碰撞造山带复合物源,表明龙门山和大巴山—米仓山的复合作用控制了构造层序 TS₃ 沉积充填,但较构造层序 TS₂ 砂岩石英含量增加,岩屑含量明显减少,尤其火山岩、变质岩岩屑含量的降低反映盆缘造山带逆冲规模减弱或前陆逆冲带卷入为物源区。

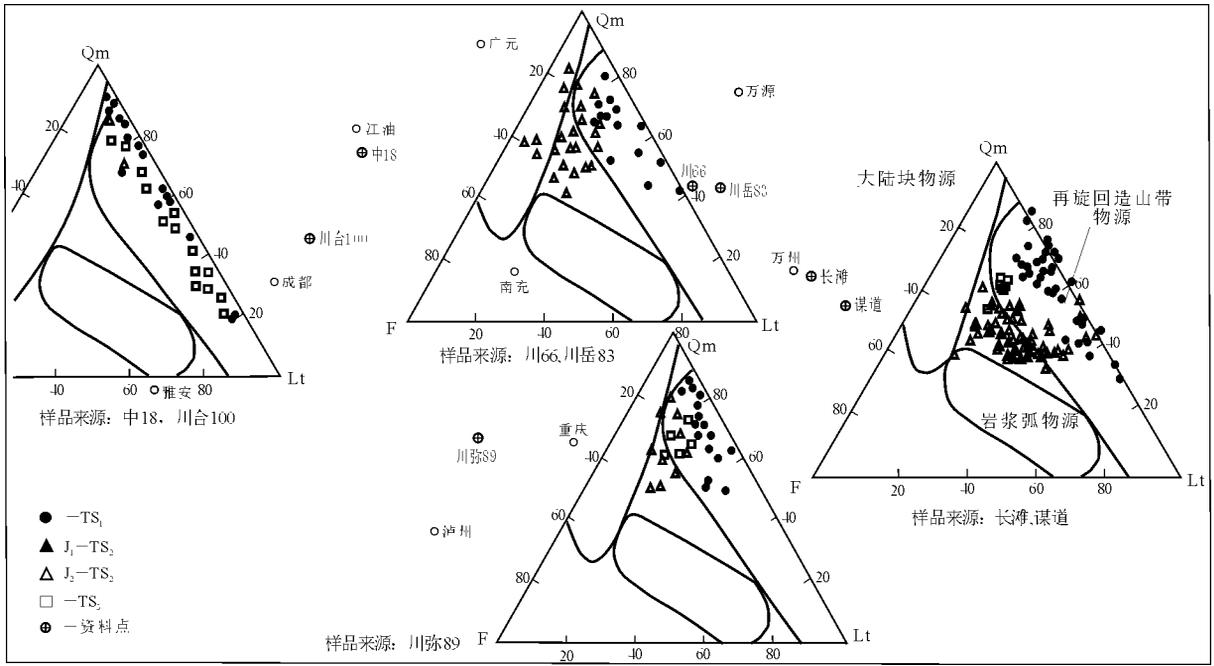


图 4 四川盆地上三叠统—侏罗系砂岩碎屑组分
Qm. 单晶石英; F. 长石; Lt. 岩屑 + 多晶石英 (主要为燧石)

Fig. 4 The detrital composition of the Upper Triassic-Jurassic sandstones in the Sichuan Basin

砂岩的成分成熟度 $Q/(F+L)$ 与 F/L 的演变特点也反映了四川盆地构造、沉积演化受到盆缘造山带幕式活动的影响。晚三叠世—侏罗纪, 随着地质年代变新, 四川盆地 (以谋道—长滩剖面为例, 剖面位置见图 4) 砂岩成分成熟度 $Q/(F+L)$ 总的趋势是高低高的变化 (图 5)。构造层序 TS_1 砂岩成熟度相对最高, 它揭示出沉积物改造历史的周期相对较长, 强度大, 即碎屑物质经历了长期的搬运过程, 其反面则印证了盆缘在晚三叠世时期造山活动较弱, 构造层序 TS_2 砂岩碎屑成分成熟度 $Q/(F+L)$ 降低, 预示伴随着盆缘造山带活动的增强, 沉积碎屑供给增大, 沉积物改造、分选强度弱, 至晚侏罗世砂岩碎屑成分成熟度 $Q/(F+L)$ 相对升高, 显示强逆冲后相对均衡沉降的过程。

F/L 值的演变趋势指示了在大陆分化—沉积旋回里侵蚀深度的变化规律, 长石 (F) 的含量变化取决于分解速度与侵蚀速度的平衡关系, 富长石的岩石往往预示着大地构造活动增强。研究区长石含量总体较低, F/L 值具低—高—低演化趋势 (图 5), 即晚三叠世物源区开始逐步缓慢抬升, 大陆风化—沉积旋回侵蚀程度逐渐变强, 至中侏罗世沉积时期 F/L 值最大, 说明该期盆缘逆冲推覆隆升造山最为强烈, 晚侏罗世沉积时期 F/L 开始降低则反映了由于盆缘前展式逆冲推覆, 使扬子台地区古生界地层卷入成为物源区而缺乏长石供给。

总之, $Q/(F+L)$ 与 F/L 值的变化也印证了四川盆地晚三叠世—侏罗纪前陆盆地演化的幕式过程。

需要指出的是, 上述物源区类型不代表中生代沉积盆地充填时的盆缘区域构造背景, 而是对盆缘造山带物源区母岩原始构造属性的反映。正是由于盆缘造山带持续逆冲活动, 导致物源区地层不断抬升、逐层剥蚀, 为前陆盆地提供物源, 造成与物源区呈反序的岩屑组分的变化, 间接反映了盆缘造山

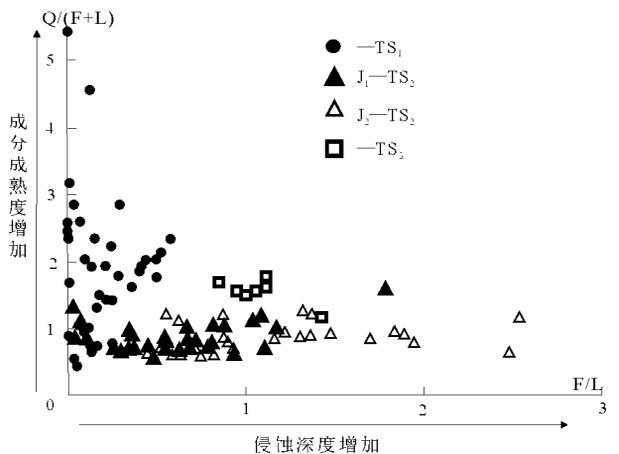


图 5 川东谋道—长滩剖面晚三叠世—侏罗纪砂岩 $Q/(F+L)$ 与 F/L 关系

Fig. 5 Dispersed dot plot showing the relationship between $Q/(F+L)$ and F/L of the Late Triassic-Jurassic sandstones in Modao-Changtan profile in the east of Sichuan Basin

带的构造活动。此外,碎屑组分在搬运过程中的机械和化学分选改造、沉积改造期间的破碎和可溶骨架组分的成岩期迁移等因素均可导致碎屑组分的变化,本文暂未予考虑。

2 盆山耦合关系分析

2.1 物源与沉积演化

通过对中上扬子地区晚三叠世—侏罗纪不同构造层序砂岩碎屑成分变化分析,可将东秦岭—大别造山带南缘前陆盆地的沉积演化划分为 3 个幕式阶段。

晚三叠世诺利期,盆缘构造活动较弱,以准平原化为特征,含煤细碎屑岩沉积为主,砂岩成分成熟度较高;晚三叠世中晚期,控制前陆盆地沉积的盆缘造山活动东西具明显差异,西部受龙门山逆冲强烈活动控制,发育冲积扇—河流—三角洲为主的沉积,前陆盆地范围波及至秭归盆地,东部东秦岭—大别造山活动相对较弱,以粗碎屑河流沉积为主,形成该期前陆盆地的 2 个沉积、沉降中心,但构造层序 TS_1 砂岩碎屑组分皆反映物源区具有再旋回造山带特点。

早侏罗世—中侏罗世早期,盆地范围有所扩大,即湖泊沉积范围扩大,以湖泊相细碎屑岩、泥页岩为主,生物介屑灰岩广为发育,同时逆冲载荷引起沉降不明显,沉积物厚度较小,反映盆缘造山带构造活动平静期特点;中侏罗世中晚期(沙溪庙组)是东秦岭—大别造山带构造活动最强烈的时期,盆缘大规模逆冲,盆地萎缩,沉积物厚度大,以河流相沉积为主。砂岩碎屑组分皆反映构造层序 TS_2 具有双物源区特点,西部四川盆地物源区为大巴山—米仓山和龙门山,东部物源区为大别山和江南逆冲带。由于该期东秦岭—大别造山带强烈活动成为主要物源区,并造成前陆盆地的沉积、沉降中心发生迁移、合并^[12],形成平行于造山带的扬子北缘统一的前陆盆地。

晚侏罗世早期遂宁组沉积期,构造相对平静,沉积以滨浅湖相棕红色泥岩为主,厚度 300~500 m;晚侏罗世晚期(蓬莱镇组),四川盆地西部、西北部由于龙门山强烈隆升,物源供应充分,物源区为石英质—过渡再旋回造山类型,北部、东部受大巴山—米仓山活动控制,以河流—三角洲沉积为主,前陆逆冲带抬升提供物源。早白垩世,东部随着秦岭—大别造山带向南逆冲距离的不断加大,扬子板块的大陆地壳向北插入秦岭—大别造山带的构造作用时间长,规模大,造成大别造山带强烈折返隆

升,产生同碰撞花岗岩,砂岩碎屑反映物源区具有岩浆弧特点。

2.2 盆山耦合动力学机制讨论

印支期以来随着华北板块与扬子板块之间呈斜向、剪刀式由东向西陆、陆碰撞^[13],形成了前展式逆冲推覆造山作用过程,与江南逆冲带和龙门山逆冲带联合作用控制了前陆盆地沉降和沉积过程,以及沉积盆地充填物质组分的变化。

前陆盆地的构造演化可概括为前陆褶皱冲断带的冲断—平静—新冲断—新平静的交替过程^[11],这一过程直接控制了前陆盆地的幕式形成与沉积充填演化,在东秦岭—大别造山带南侧表现为自北向南的幕式逆冲推覆,控制了前陆冲断带的活动和前陆盆地的演化。由于盆缘冲断带持续活动,产生的构造负荷和沉积负荷共同作用在东秦岭—大别造山带南侧,引起岩石圈挠曲,为沉积物提供可容空间,造山带本身成为物源区。造山带剪刀式闭合过程造成可容空间变化和沉积沉降中心向西的迁移,而伴随着盆缘推隆造山和前陆褶皱冲断控制了中生代盆地充填物质特征、沉积演化,主要表现在物源区卷入地层递进、抬升,剥蚀强烈,造成陆源碎屑供给的变化,即逆冲推覆向盆地内幕式推进,则前陆盆地中砂岩碎屑组分也表现为幕式变化。

因此,前陆盆地的形成和沉积演化与盆缘造山带活动密切相关,造山带的前陆冲断作用是形成前陆盆地的最主要原因,岩石圈挠曲流变是控制前陆构造变形及盆地演化的主要因素,砂岩碎屑组分的变化是相邻造山带活动的客观表现。

3 结论

1) 鄂东地区、秭归盆地、四川盆地砂岩碎屑组分晚三叠世以再旋回造山带物源区为主,侏罗纪具向岩浆弧造山物源区过渡的趋势。

2) 砂岩岩屑含量的变化反映盆地周缘造山带的活动,即构造层序 TS_1 总体构造相对稳定,砂岩成分成熟度高;构造层序 TS_2 在东秦岭—大别造山带构造活动最强烈,推覆造山自东向西推进波及至四川盆地,前陆盆地具有双物源特征;构造层序 TS_3 反映了又一次向盆地推进的逆冲活动,扬子北缘前陆褶皱冲带抬升。

3) 晚三叠世—侏罗纪前陆盆地与周缘造山带形成演化具有较好的耦合关系,是在统一的地球动力学背景和构造框架下形成的 2 个大的构造单元,周缘造山带提供了物源,前陆盆地提供了可容空

间,前陆盆地沉积砂岩碎屑成分特征纵横向变化是造山作用过程、造山事件的最好记录。

参考文献:

- 1 张国伟,张本仁,袁学诚等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京:科学出版社,2001. 1~835
- 2 殷鸿福,张克信. 中央造山带的演化及其特点[J]. 地球科学, 1998, 23(5): 438~442
- 3 高长林,刘光祥,张玉箴等. 东秦岭—大巴山逆冲推覆构造与油气远景[J]. 石油实验地质, 2003, 25(增刊): 523~531, 538
- 4 汤加富,周存亭,侯明金等. 大别山及邻区地质构造特征与形成演化[M]. 北京:地质出版社, 2003. 198~235
- 5 吉让寿,高长林,秦德余. 华北与扬子两板块的拼贴方式与扬子北缘古生代盆地应变特征[J]. 石油实验地质, 2004, 26(2): 143~152
- 6 范小林,陈浙春. 东秦岭—大别造山带两侧盆地深部过程及古生界油气前景——以川东北盆地和合肥盆地为例[J]. 石油实验地质, 2005, 27(4): 338~345
- 7 Dickinson W R, Suczek C A. Plate tectonics and sandstone compositions [J]. AAPG Bulletin, 1979, 94(2): 2164~2182
- 8 Dickinson W R, Beard L S, Brakenridge G R, et al. Provenance of North American Phanerozoic sandstone in relation to tectonic setting [J]. Geol Soc Amer Bull, 1983, 94(2): 222~235
- 9 李忠,李任伟,孙枢等. 大别山南麓中生代盆地充填记录对造山作用属性的反映[J]. 中国科学(D辑), 2002, 32(6): 469~478
- 10 汪泽成,赵文智,张林等. 四川盆地构造层序与天然气勘探[M]. 北京:地质出版社, 2002. 3~94
- 11 许效松,刘宝珺,徐强等. 中国西部大型盆地分析及地球动力学[M]. 北京:地质出版社, 1997. 16~38
- 12 吉让寿,高长林. 秦岭—大别造山带两侧中生代构造变格与成盆作用[J]. 石油实验地质, 2005, 27(5): 449~454
- 13 刘少峰,张国伟,程顺有等. 东秦岭—大别及邻区挠曲类盆地与碰撞造山过程[J]. 地质科学, 1999, 34(2): 336~346
- 14 Flemings P B, Jordan T E. Stratigraphic modeling of foreland basins: interpreting thrust deformation and lithosphere rheology[J]. Geology, 1990, 18: 430~434

TECTONIC SIGNIFICANCE OF SANDSTONES AND COUPLING RELATION OF BASIN AND MOUNTAIN IN THE LATE TRIASSIC-JURASSIC IN THE MIDDLE AND UPPER YANGTZE REGION

Liu Yunsheng^{1,2}, Guo Zhanfeng², Liang Xiwen², Yang Zhenwu²

(1. China University of Mining Technology, Beijing 100083, China; 2. Exploration & Development Research Institute of Jiangnan Oilfield Branch Company, SINOPEC, Qianjiang, Hubei 433124, China)

Abstract: Based on the sandstone clastic model built by Dickinson et al, the characteristics of detrital composition of the Late Triassic-Jurassic sandstones in the Middle and Upper Yangtze region are studied to determine the types of source areas. It is presented that the main provenances of the Late Triassic-Jurassic basin comes from the East Qinling and Dabie orogenic belt, Longmenshan mountain and Jiangnan obduction zone. The main types of provenances attribute to the properties of recycled orogenic belt. The variational sequences of detrital compositions are the sedimentary responses to the three times of obduction of orogenic belt in the surrounding margin of basin. The analysis on the tectonic significance of detrital composition of the Late Triassic-Jurassic sandstones shows that the Late Triassic-Jurassic basin in the southern margin of the East Qinling and Dabie orogenic belt is a foreland basin located in the foreland of a collision orogen and thrusting nappe belt. The coupling relations of basin and mountain and Mesozoic tectonic evolution in the East Qinling and Dabie orogenic belt were also discussed in this paper.

Key words: detrital composition; sandstone; provenance; tectonic sequence; coupling of basin and mountain; the Late Triassic-Jurassic; the Middle and Upper Yangtze region