

文章编号: 1009-3850(2008)02-0083-06

济阳坳陷中生代物源方向与沉积体系

徐振中¹, 陈世悦², 姚 军¹, 王永诗³

(1. 中国石油大学 石油工程学院, 山东 东营 257061; 2. 中国石油大学 资源与信息学院, 山东 东营 257061; 3. 胜利油田 地质院, 山东 东营 257062)

摘要: 笔者利用砂岩和砾岩的百分含量, 稳定矿物和不稳定矿物的含量变化特征及微量元素分布特征, 分析济阳坳陷中生界物源方向。研究表明研究区中生界的主要物源来自西北侧和东南侧, 内部的局部凸起仅提供部分碎屑物质。依据物源方向、岩心观察、测井及地震等资料对沉积体系进行了综合分析, 研究区西北侧发育有冲积扇-辫状河-辫状河三角洲沉积体系, 东南侧发育有冲积扇-曲流河(冲积平原)-三角洲沉积体系, 内部主要发育有湖泊沉积体系, 具有盆大、湖浅、坡缓及浅水型三角洲发育的特点。

关键词: 济阳坳陷; 中生界; 物源方向; 沉积体系

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

济阳坳陷位于渤海湾盆地东南部, 郯庐断裂带西侧, 是一个油气资源极为丰富的大型含油气盆地^[1]。现资源探明程度达 56.97%, 但探明与控制 90% 的石油储量和全部天然气储量均分布在古近系和新近系^[2]。随着浅层勘探难度的加大, 勘探的目标逐渐转向深部, 就中生界而言, 由于其经历了多次构造运动及构造反转过程^[3], 遭受了强烈剥蚀, 导致人们对中生代盆地的形成演化过程、构造格局、盆地结构、地层分布规律、古地理面貌等基本地质问题认识不清, 制约了新的油气藏的发现。本文旨在研究中生代物源方向与沉积体系, 为油气资源勘探提供依据。

1 物源方向分析

在含油气盆地分析中, 物源方向分析是一项必不可少的工作。对沉积盆地物源区系统的正确分析, 将有助于对沉积体系的准确恢复以及对远景区油气生、储和盖层的准确预测。物源方向的判定方法很多^[4~9], 实践表明, 任何一种研究方法, 只要其

理论基础正确, 测试或鉴定方法无误, 均有其不可替代的优越性和难以避免的局限性, 在地质学反演中尤为如此。

1.1 砂岩百分含量分析法

砂岩百分含量分析法就是根据某一层位的砂岩厚度所占这一层位厚度的百分比来推测物源方向, 基于从盆地边缘到盆地中心砂岩百分含量的变化趋势逐渐降低这一原理。从中生代界砂岩百分含量等值线(图 1)可以看出, 其大致有四大物源方向: 一是东营凹陷南坡方向附近, 砂岩的百分含量最高达到 70%; 另一个是垦东凸起方向, 砂岩的百分含量最高也达到 70%; 三为埕北附近, 砂岩百分含量最高达到 50%; 四为义北车东附近, 砂岩百分含量最高达到 50%。

1.2 砾岩分布特征和分析方法

粒序层砾石的分选、磨圆及砾岩体的形态等均可作为有用的参考^[10, 11], 而且某一层位的砾岩厚度所占这一层位厚度的百分比也是判断物源方向的有效手段。

收稿日期: 2007-07-18 改回日期: 2008-01-08

作者简介: 徐振中(1970—), 男, 博士后, 工程师, 主要从事地质综合研究。Tel: 13176602786 E-mail: xzz7010@126.com
资助项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA605A09); 中国石油化工股份有限公司科技攻关项目(P03036)

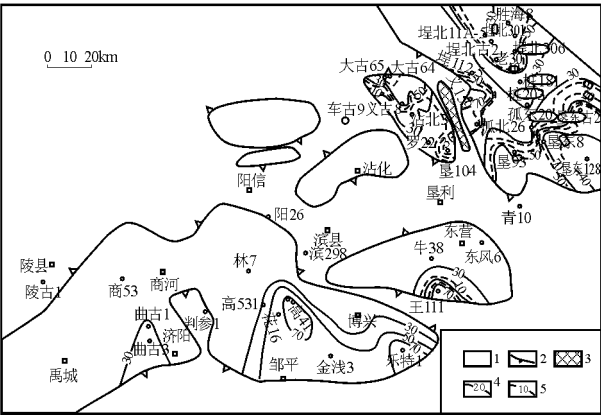


图 1 济阳凹陷中生界砂岩百分含量、砾岩百分含量等值线及关键井位分布图

1 残留中生界范围; 2 残留边界; 3 剥蚀区; 4 砂岩百分含量等值线; 5 砾岩百分含量等值线

Fig 1 Isoline of the Mesozoic sandstone and conglomerate contents and distribution of key wells in the Jiyang depression

1 = residual Mesozoic strata; 2 = residual boundary; 3 = denudational area; 4 = isoline of sandstone contents; 5 = isoline of conglomerate contents

对中生界砾岩的分布及含量进行统计发现, 砾岩的分布范围很小, 仅在 92口井中有分布, 且大于 20%的只有 16口井, 其中百分含量最高的井义 159 (72.0%)紧靠着孤西断层的东北侧; 垦东古 2井和垦东 128井位于垦东凸起附近, 其百分含量也达到 40%; 垦 104井、大古 65井和大 90井等位于孤西断层的南西侧, 距离孤西断层较远, 其百分含量为 20% ~ 39%; 而埕北古 2、桩海古 1和老 295井位于桩海地区埕北断层附近, 其砾岩百分含量相对较低, 仅为 20%左右 (表 1)。

因而可以推测, 在孤西断层附近存在一个物源区, 其向东北方向和西南方向均输送碎屑物质; 在研究区的西北边界方向上存在一个较大的物源区, 其向南输送碎屑物质; 在研究区的东南部边界方向上存在一个较大的物源区, 其向西北输送碎屑物质。中生界砾岩百分含量 (图 1) 也展示出这几大物源方向。

1.3 稳定与不稳定矿物组分含量变化分析法
不同井区砂岩的结构成熟度和成分成熟度的变

表 1 济阳凹陷中生界砾岩厚度及百分含量统计表

Table 1 Statistics of the Mesozoic conglomerate thickness and contents in the Jiyang depression

井 号	义 159	垦东古 2	垦东 128	垦 104	大古 65	大 90
砾岩厚度 /m	163.5	519	204.5	89	71.5	37
砾岩百分含量	72	46.3	45.9	39.5	34.3	33.6
井号	埕北古 2	垦东 8	大古 64	孤北 26	义古 8	桩海古 1
砾岩厚度	109	15.5	112.2	108.5	79.5	330
砾岩百分含量	33.3	32.9	30	28	25.8	22
井号	王 111	义古 77	老 295	垦古 51		
砾岩厚度	63	73	202	104		
砾岩百分含量	21.3	21.2	20.8	20.6		

化特征也可作为判断物源方向。对研究区 83口井 726个样品进行了全岩分析, 结果发现: ①沿胜海 8井、埕北 301井、埕北 306井、桩 181井和孤东 20井一线, 石英含量逐渐升高、岩屑含量逐渐降低, 而长石含量降低到孤东 20井附近又升高, 因此, 推测研究区北侧为一物源方向且孤东 20井区附近受到双重物源的影响; ②沿埕北 11A-5老斜-5老 30埕 112-5桩 107-1垦 94垦 93一线, 石英和长石含量增高到垦 94井又降低, 而岩屑含量降低到垦 94井区又开始升高, 反映了埕北 11A-5井与垦 93井所在的位置为两个物源方向; ③沿义东 11沾北 3罗 22井一线, 石英和岩

屑含量都逐渐升高, 而长石含量逐渐降低, 反映了这些井区受到两种物源的双重影响, 一是北西向方向, 另外一个为北西向断层带附近的点物源; ④沿金浅 3井、花 16井、高 53井一线, 石英含量先降低再升高, 总体上呈升高趋势, 长石含量先升高后降低, 岩屑含量逐渐降低, 反映了金浅 3井所在的位置为盆地物源的一个方向 (图 2)。

从砂岩全岩稳定矿物与不稳定组分含量变化分析分析看: 中生代研究区主要为盆外物源, 主要物源方向为东南和西北方向, 而盆地内部的点物源来自北西向断层附近的凸起区。

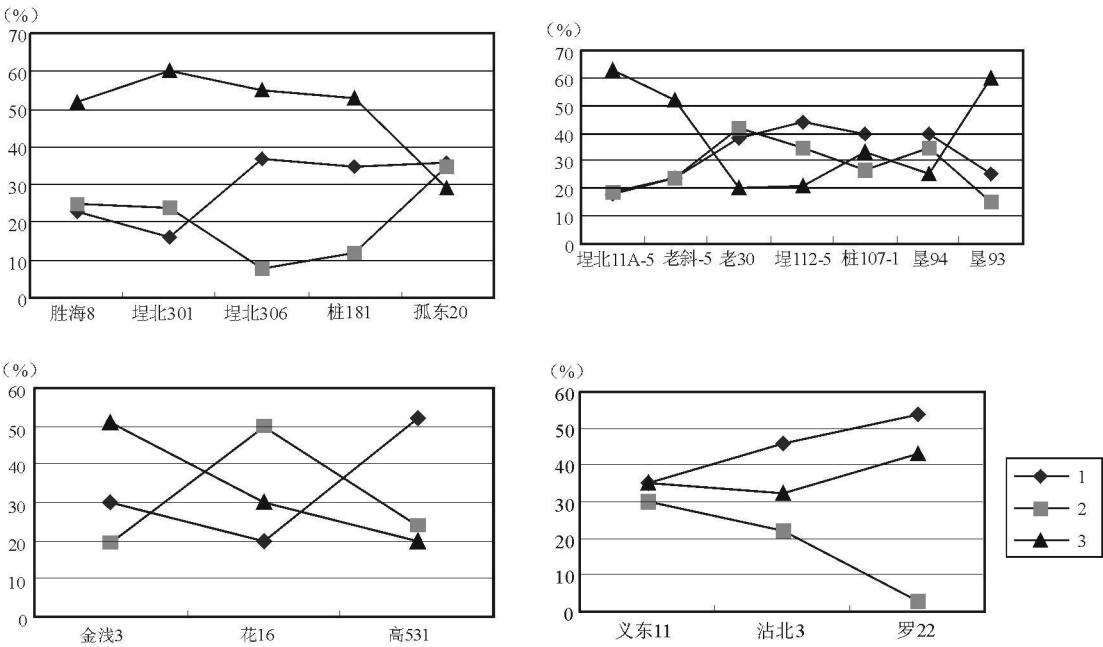


图 2 济阳拗陷中生代不同地区样品全岩矿物含量分析

1 石英; 2 长石; 3 岩屑

Fig 2 Whole rock modal analysis of the Mesozoic samples from different parts of the Jiyang depression

1= Quartz 2= feldspar 3= debris

1. 4 微量元素分布特征法

一些元素 (Al, Co, G 等) 在母岩风化、剥蚀、搬运、沉积及成岩过程中不易迁移, 它们几乎等量地转移到碎屑沉积物中, 可以利用这些元素来分析沉积物的来源^[12~15]。对研究区 145 口井 7560 余个样品分析了 Co, Ni, Mn, Fe, Mg, V, Al, Sr, Ca, Ba, Na 和 K 等 12 种元素的含量, 通过借鉴前人经验选择的 Ni/Co, V/Co, Mg/Mn, Mn/Sr, Ba/Mn, Fe/K, Mg/Ca, Al/Na, Ba/Sr, Mg/Al, Al/Na, 10 个特征元素比值作为物源对比的示踪指标^[16~18], 并绘制了研究区的特征元素分布模式图, 发现可分为两类物源区 (图 3): 一类是远源沉积 (图 3-a), 来自研究区外围地区, 其 Mg/Mn 比值较高, 而其它比值较低; 另一类是近源沉积 (图 3-b), 来自北西向断层带附近, 其 Mg/Mn, Al/Na 和 Al/Mg 比值较高, 而其它比值较低, 曲线特征与石炭系和中生界地层非常接近, 反映了其物源区为盆地内部的凸起区。

综上所述, 研究区中生界的主要物源来自北西侧和南东侧, 内部的局部凸起仅向盆地提供部分碎屑物质。

2 沉积体系

依据物源方向分析、岩心观察、测井及地震等资料对沉积体系进行综合分析, 笔者认为研究区西

侧主要发育冲积扇, 辫状河, 辫状河 (浅水) 三角洲沉积体系, 东南侧主要发育冲积扇, 曲流河 (冲积平

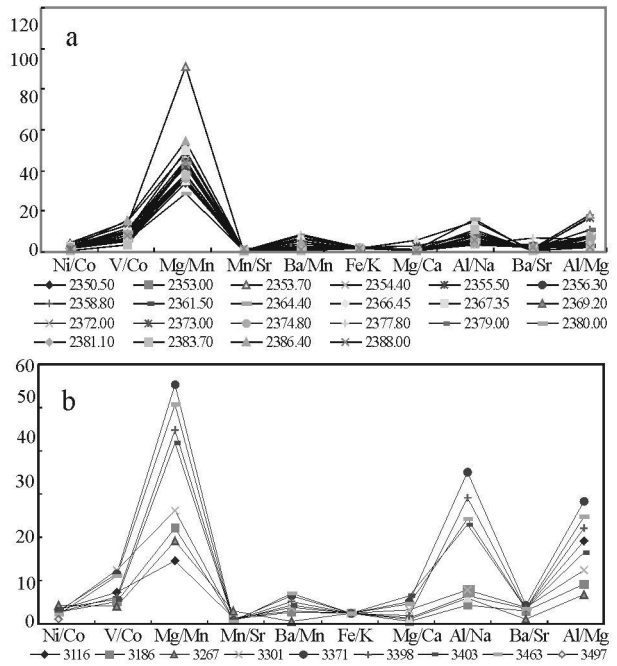


图 3 济阳拗陷中生界特征元素分布模式图

a 远源; b 近源

Fig 3 Distribution patterns for the Mesozoic typical elements in the Jiyang depression

a Distal b Proximal

源方向为东南和西北方向,而盆地内部的点物来自北西向断层附近的凸起区。原)-(浅水)三角洲沉积体系,内部主要发育湖泊沉积体系,中生代盆地具有盆大、湖浅、坡缓及浅水型三角洲发育的特点。

2.1 冲积扇 辫状河 辫状河 (浅水)三角洲沉积体系

冲积扇 辫状河 辫状河 (浅水)三角洲沉积体系包括冲积扇、辫状河和辫状河 (浅水)三角洲沉积环境(图 4)。

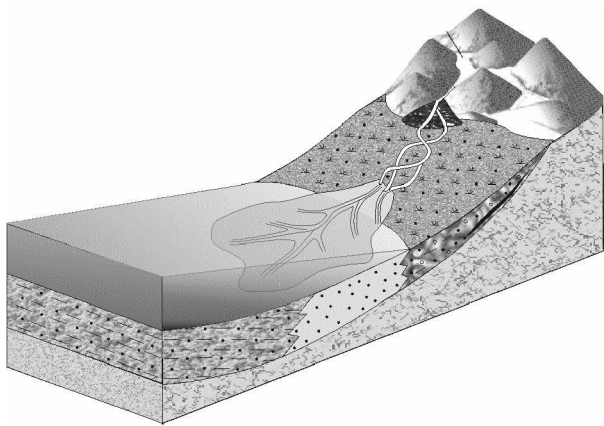


图 4 济阳凹陷中生界陡坡沉积模式

Fig 4 Sedimentary model for the Mesozoic steep slope in the Jiyang depression

1. 冲积扇沉积

从岩心观察最具典型的冲积扇相沉积为义 136 井 3088.88~3099.9^m和 3231.61~3243.25^m井段,孤北古 2 井 3062~3066^m井段。沉积物主要由杂色厚层砂砾岩、中粗粒砂岩及薄层紫红色泥岩组成,粒度较粗,分选差,棱角状,砾径为 0.2~10^{mm},最大为 40^{mm}。测井相类型比较复杂,由齿化箱状中高幅和柱状低幅组合而成,为不断迁移的辫状河道夹河道间沉积物的测井响应特征,其中齿化箱状中高幅为辫状河道砂砾岩及粗砂岩的测井响应,而柱状低幅则为沟道间中细砂岩和泥岩沉积的测井响应。在地震剖面上,冲积扇沉积响应为丘形乱岗状,即由一系列乱岗状的反射同相轴组成,外形类似丘状,反映了快速杂乱堆积的特征。

2 辫状河沉积

研究区辫状河沉积广泛发育,从岩心观察最具典型的辫状河沉积为沾北 3 井 1587.54~1637.72^m和 1656.23~1671.15^m井段和埕北 11B-1 井 2350~2385.12^m井段。沉积物下部为粒度较粗的河道沉积,上部为粒度较细的泛滥平原沉积。

河道沉积物以杂色含砾粗砂岩、中细粒岩屑长石砂岩为主,砾径 0.2~3^{mm},最大为 5^{mm},多为岩屑,颗粒呈棱角状,反映了本区河流的近源沉积特征,其粒度概率曲线均为由跳跃总体和悬浮总体构成的两段式,跳跃总体含量为 45%~70%,细截点的 Φ 值为 1.7~2.9,悬浮总体含量较高,一般大于 30%(图 5-a),反映了本区河流沉积环境具有较强的水动力条件。泛滥平原沉积物以紫色粉砂质泥岩为主,夹有少量的泥质粉砂岩,相对河道沉积物厚度较薄。

3 辫状河 (浅水)三角洲沉积

研究区辫状河 (浅水)三角洲沉积广泛发育,从岩心观察最具典型的辫状河 (浅水)三角洲相沉积为大 43-35 井 1765~1783^m井段,义东 1 井 2090.02~2100.4^m和 2114.43~2136.68^m井段,以及桩古 17 井 3655~3686^m井段。

沉积物以含砾粗砂岩和中细砂岩为主,砂岩颗粒分选中等,次棱角状到次圆状。成分成熟度中等,石英含量为 30%~45%,长石为 25%~40%,岩屑为 10%~20%,并含钙质)。沉积构造类型多样,主要有平行层理、槽状交错层理、沙纹交错层理等,多见泥砾顺层排列,局部炭屑富集成层。

2.2 冲积扇 曲流河 (冲积平原) -(浅水)三角洲沉积体系

冲积扇 曲流河 (冲积平原) -(浅水)三角洲沉积体系包括冲积扇、曲流河 (冲积平原)和 (浅水)三角洲沉积环境(图 6)。

1. 曲流河沉积

研究区曲流河沉积广泛发育,从岩心观察最具典型的曲流河沉积为高 41-1 井 912~1350^m井段。

河道沉积物以紫色/紫红色中细砂岩为主,砂岩成分成熟度和结构成熟度相对偏高,颗粒分选差至中等,次棱角状到次圆状。其粒度概率曲线均为由跳跃总体和悬浮总体构成的两段式,跳跃总体含量为 75%~80%,细截点的 Φ 值为 2.6~3.3,悬浮总体含量较低,一般小于 20%(图 5-b),这反映了本区河流沉积环境具有中等的水动力条件。河流砂岩中多发育弱平行层理、粒序层理。泛滥平原沉积物以紫色/紫红色泥岩为主;测井相特征为齿化柱状低幅,测井曲线幅度值很低,幅度差小,中间偶有代表过渡岩性的指状小尖峰;以大套洪泛平原泥岩及粉砂质泥岩夹决口扇透镜状泥质粉砂岩的测井响应为特征。

2 (浅水)三角洲沉积

研究区 (浅水)三角洲相的沉积较为发育。从

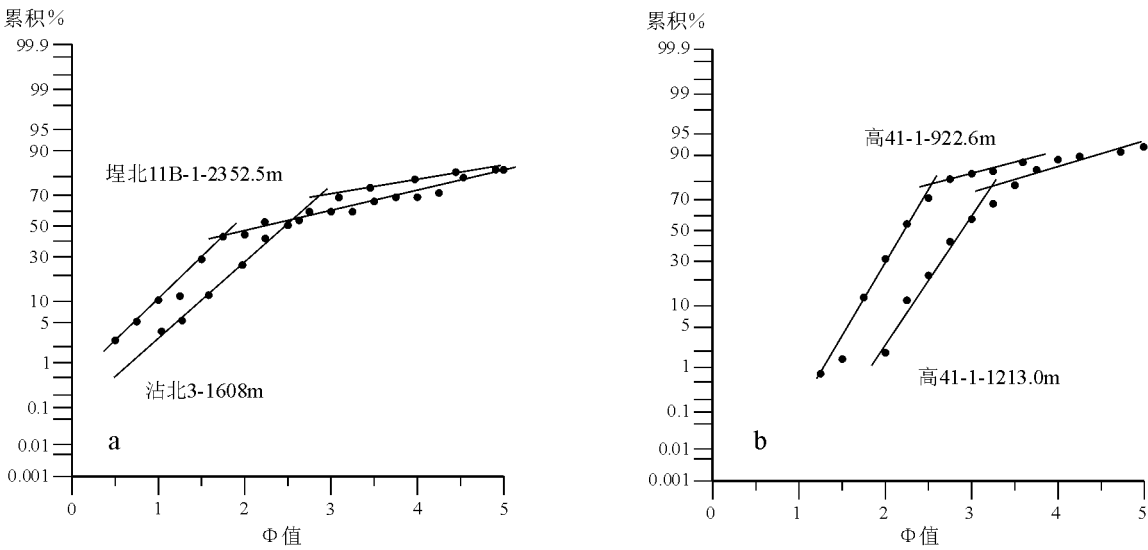


图 5 济阳拗陷中生界两种河流相沉积物的粒度概率曲线
a 辫状河沉积; b 曲流河沉积
Fig 5 Grain size probability curves of the Mesozoic fluvial deposits in the Jiyang depression
a Braided stream deposit b Meandering stream deposit

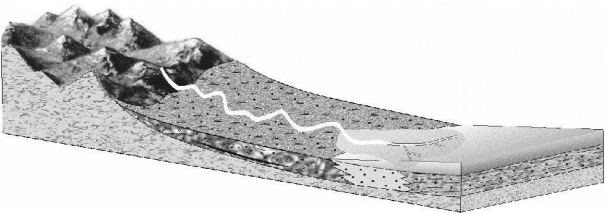


图 6 济阳拗陷中生界缓坡沉积模式
Fig 6 Sedimentary model for the Mesozoic ramp in the Jiyang depression

岩心观察最具典型的(浅水)三角洲沉积为高气110井855.66~872.37ⁿ井段。沉积物主要为紫褐色中砂岩与灰白色中砂岩互层,两种颜色砂岩常呈透镜状相互穿插,砂岩纯净分选磨圆好,泥质条带及泥砾发育,泥砾的颜色有紫褐色和灰色,发育粒序层理、槽状交错层理及平行层理。

2.3 湖泊沉积体系

研究区湖泊沉积体系较为发育,滨浅湖面积较大,半深湖仅仅在局部区域有所发育。研究区高531井827.8~862.5ⁿ井段,孤南36井3870~3876ⁿ井段和垦93井2825.6~2851.07ⁿ井段均发育了湖泊相沉积。

1. 滨浅湖沉积

沉积物主要为杂色砂泥岩薄互层,生物钻孔较为发育。在地震剖面上,滨浅湖沉积响应为中弱振中低连亚平行反射。

2 半深湖沉积

半深湖沉积以灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩为主,粉细砂岩多呈薄层夹于泥岩中,可见菱铁矿、黄铁矿等弱还原条件下的自生矿物。在地震剖面上,半深湖沉积响应为中强振中高连平行反射。

3 结 论

(1)砂岩和砾岩百分含量、稳定与不稳定矿物及微量元素分析表明:研究区中生界的主要物源来自西北侧和东南侧,内部的局部凸起仅向盆地提供部分碎屑物质;

(2)研究区西北侧主要发育冲积扇-辫状河-(浅水)辫状河三角洲沉积体系,东南侧主要发育冲积扇-曲流河(冲积平原)-(浅水)三角洲沉积体系,内部主要发育湖泊沉积体系,中生代盆地具有盆大、湖浅、坡缓,以及浅水型三角洲发育的特点。

参考文献:

[1] 李丕龙. 胜利油区勘探现状及展望[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(1): 9—12
[2] 李丕龙, 金之钧, 张善文, 等. 济阳拗陷油气勘探现状及主要研究进展[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 1—4
[3] 宗国洪, 肖焕钦, 李常宝, 等. 济阳拗陷构造演化及其大地构造意义[J]. 高校地质学报, 1999, 5(3): 275—282
[4] DUNKL, I. GIULIO A D, I. KUBIE M J. Combination of single-grain fission-track chronology and morphological analysis of detrital

zircon crystals in provenance studies: sources of the Macigno Formation (Apennines, Italy) [J]. Journal of Sedimentary Research, 2001, 71(4): 516—525.

[5] STEVENSON R K, WHITTAKER S, MOUNTJOY E W. Geochemical and Nd isotopic evidence for sedimentary source changes in the Devonian megacoline of the southern Canadian Cordillera [J]. Geological Society of America Bulletin, 2000, 112(4): 531—539.

[6] 周祖翼,毛凤鸣,廖宗廷. 裂变径迹年龄多成分分离技术及其在沉积盆地物源分析中的应用 [J]. 沉积学报, 2001, 19(3): 456—473.

[7] 胡宗全,朱筱敏,彭勇民. 准噶尔盆地西北缘车排子地区侏罗系物源及古水流分析 [J]. 古地理学报, 2001, 3(3): 49—54.

[8] 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.

[9] 蒲玉国,吴时国,李道轩,等. 东营凹陷高青砂岩体物源方向与沉积模式研究 [J]. 地球学报, 2005, 26(2): 145—150.

[10] COLOMBO F. Normal and reverse imbricating sequences in syn-tectonic conglomerates as evidence of progressive basinward deformation [J]. Geology, 1994, 22(3): 235—238.

[11] 徐强,廖仕孟,朱永刚,等. 川西龙门山前陆盆地中砂砾质楔形体的定量统计 [J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 31—37.

[12] MCLENNAN S M, TAYLOR S R. Sedimentary rocks and crustal evolution: tectonic setting and secular trends [J]. Journal of Geology, 1991, 99: 1—21.

[13] MURRAY R W, BRINK M R, BRUMSACK H J et al. REE in Japan Sea sediments and diagenetic behavior of Ce/Ce³⁺: Results from ODP Leg 127 [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1991, 55: 2453—2466.

[14] MURRAY R W. Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications [J]. Sedimentary Geology, 1994, 90: 213—232.

[15] GRITTY G H. Provenance and depositional setting of Paleozoic chert and agillite, Sierra Nevada, California [J]. Journal of Sedimentary Research, 1996, 66(1): 107—118.

[16] 杨守业,李从先,张家强. 苏北滨海平原冰后期古地理演化与沉积物物源研究 [J]. 古地理学报, 2000, 2(2): 65—72.

[17] 韩德亮. 莱州湾 E 乳中更新世末期以来的地球化学特征 [J]. 海洋学报, 2001, 23(2): 79—85.

[18] 杨守业,李从先, Jung H oisoo 等. 中韩河流沉积物微量元素地球化学研究 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(2): 19—24.

Provenance and depositional systems of the Mesozoic deposits in the Jiyang depression

XU Zhen zhong, CHEN Shi yue, YAO Jun, WANG Yong shi

- (1. College of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China;
- 2. College of Geo resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China;
- 3. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oil Field Cor., Ltd., Dongying 257062, Shandong, China)

Abstract: Provenance analysis of the Mesozoic deposits in the Jiyang depression is based on sandstone and conglomerate contents, stable and unstable mineral contents and trace element distribution patterns. The principal source of the detritus lay to the northwest and southeast. The inner uplifts may provide only part of the detritus to the basin. The alluvial fan-braided stream-braided delta depositional system occurs in the northwest, the alluvial fan-meandering stream (alluvial plain)-delta depositional system appears in the southeast, and the lake depositional system is observed in the central part of the basin. The development of the Mesozoic basin is characterized by large basin, shallow lake, gentle slope and shallow water delta.

Key words: Jiyang depression; Mesozoic; provenance; depositional system