

文章编号: 1009-3850(2012)02-0001-10

苏北盆地高邮凹陷联盟庄地区戴南组物源 及沉积相研究

周健^{1,2}, 林春明², 张永山³, 姚玉来⁴, 陈顺勇², 张霞², 张妮²

(1. 中石化胜利油田分公司西部新区研究中心, 山东 东营 257045; 2. 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210093; 3. 中石化胜利石油管理局井下作业公司, 山东 东营 257000; 4. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110034)

摘要: 综合运用碎屑岩类分析法、重矿物法对苏北盆地高邮凹陷联盟庄地区戴南组的物源方向进行了分析。结果表明, 戴南组物源具有不稳定性, 早、中期物源均来自柘垛低凸起, 物源方向由沿东北方向沉积演变为沿南北方向沉积; 晚期物源来自西北部的菱塘桥低凸起。联盟庄地区戴南组沉积物为再旋回沉积物, 母岩区构造背景为活动大陆边缘, 其源岩主要为花岗岩和中基性火成岩。根据岩心、电测曲线、录井以及分析测试资料, 对联盟庄地区戴南组的沉积相平面分布进行了研究, 三角洲的展布受河湖作用及物源供应的影响, 早、中、晚期分别呈朵状、朵叶状和伸长状。

关键词: 物源分析; 沉积相; 母岩; 高邮凹陷; 戴南组
中图分类号: P534.5 文献标识码: A

随着勘探开发程度的提高, 寻找构造圈闭的难度越来越大, 岩性油气藏成为当今油气勘探的热点, 也是中国东部陆相断陷盆地挖潜和增储上产的主攻油气藏类型^[1,2]。近年来, 苏北盆地高邮凹陷戴南组获得了较大的勘探突破, 揭示高邮凹陷戴南组有着较大的勘探潜力。联盟庄地区油气勘探始于上世纪70年代, 目前探明储量397万吨^[3]。在长期的勘探过程中发现, 联盟庄地区戴南组具有良好的隐蔽圈闭发育前景^[4,5]。前人对联盟庄地区已做了一些研究^[4,6-10], 但对该区各时期的物源方向及演化、母岩区性质等方面的研究尚嫌不足, 而物源方向及演化、母岩类型对预测沉积体系和油气有利储集体分布起着重要作用^[11], 因此弄清该区的物源特征具有重要的现实意义。

1 区域地质概况

高邮凹陷位于苏北盆地南部(图1A), 东起吴堡低凸起, 西至菱塘桥低凸起, 南为通扬隆起, 北接柘垛低凸起, 东西长约100 km, 南北宽25~30 km, 面积达2670 km²。高邮呈北东向长条形分布, 新生界地层沉积厚度近7000 m, 其是在晚白垩世伊萨运动和古新世末期吴堡运动期间, 由于断块差异沉降而形成的新华夏“多”字型构造体系隆起带上的一个中、新生代箕状断-凹沉积盆地^[12,13]。高邮凹陷是苏北盆地沉降幅度最大的凹陷, 由南向北高邮凹陷可划分为南部断阶带、中央深凹带和北部斜坡带3个构造单元(图1B)。凹陷北部、东部、西部均由凹陷向斜坡逐层超覆(图1C)^[14]。

联盟庄地区位于苏北盆地高邮凹陷的西部, 构

收稿日期: 2011-09-23; 改回日期: 2011-11-22

作者简介: 周健(1984-), 男, 助理工程师, 主要研究方向为沉积学与石油地质学。E-mail: zhoujian-nju@163.com

造上跨越了汉留断层上、下盘(图1B),其形成及演化在区域上主要受中国东部郯-庐断裂的走滑活动,以及太平洋板块自东向北北西方向俯冲作用的复

合控制,先后经历了早白垩世晚期隆升剥蚀、古新世强烈裂陷、始-渐新世强烈断陷、中-上新世的萎缩消亡4个阶段^[15]。

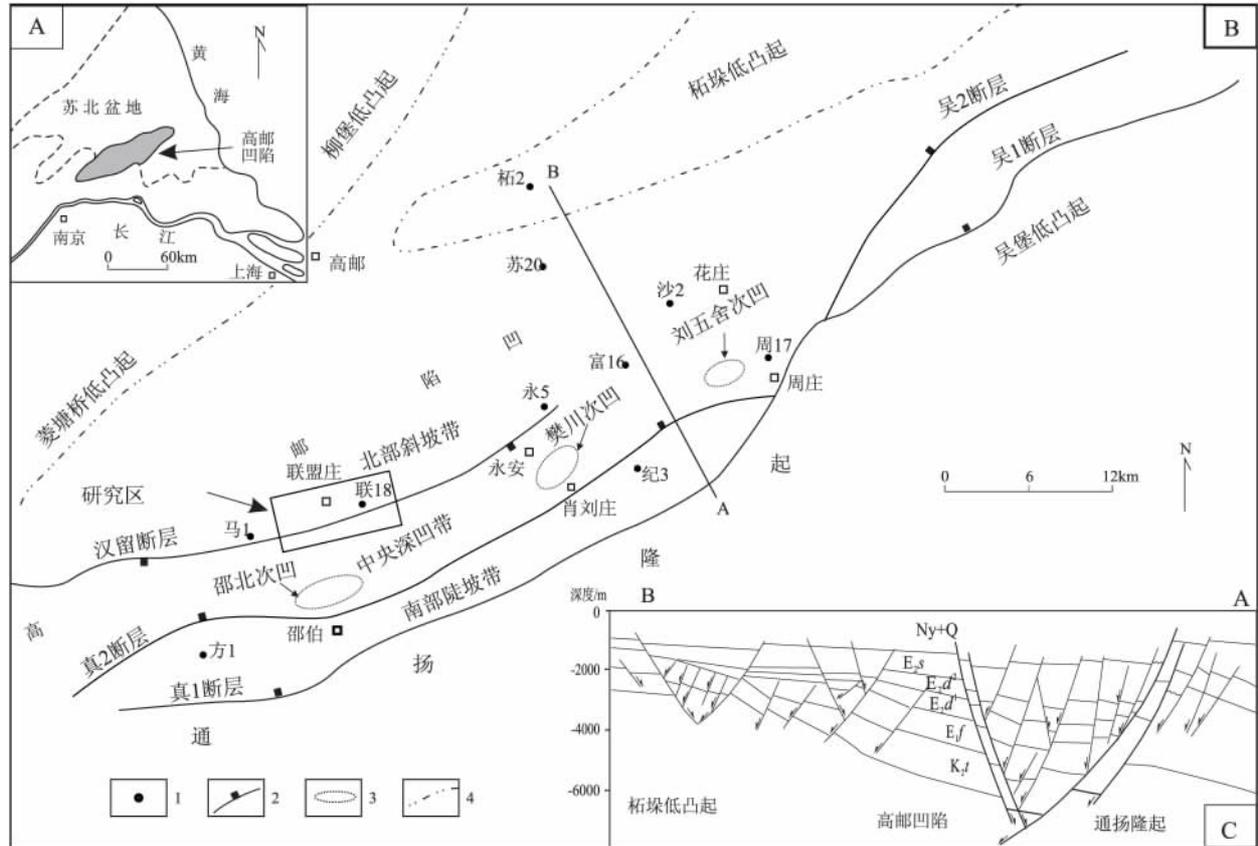


图1 高邮凹陷地理位置及地震地质解释剖面略图

1. 井位; 2. 断层; 3. 次凹边界; 4. 凸起边界; AB. G45 地震测线; K_2t . 泰州组; E_1f . 阜宁组; $E_2d^1 + E_2d^2$. 戴南组一段和二段; E_2s . 三垛组; $Ny + Q$. 盐城组和第四系

Fig. 1 Tectonic setting and seismic-geological section through the Gaoyou depression

1 = well site; 2 = fault; 3 = secondary depression boundary; 4 = uplift boundary. A-B = G45 seismic profile; K_2t = Taizhou Formation; E_1f = Funing Formation; $E_2d^1 + E_2d^2$ = first and second members of the Dainan Formation; E_2s = Sanduo Formation; $Ny + Q$ = Yancheng Formation and Quaternary

高邮凹陷古近系自下而上分为阜宁组、戴南组和三垛组。戴南组与阜宁组和三垛组均呈不整合接触(表1) 根据其沉积旋回和岩性特征,将戴南组分为戴一段(E_2d^1)和戴二段(E_2d^2)两个层段。根据地层岩性特征发育特征又可将 E_2d^1 细分为3个亚段、 E_2d^2 细分为5个亚段。 E_2d^1 地层总厚度一般为0~300 m,最厚可达900 m,自下而上可分为上下两个部分,下部为浅灰色砂岩与浅、灰黑色泥岩呈不等厚互层,上部为1~5层黑色、深灰色泥岩夹浅灰色砂岩,电性特征突出,泥岩段电阻率值为 $1\Omega \cdot m$ 左右,且分布稳定,即“五高导”标志层(图1)^[3]。 E_2d^2 主要为浅灰色砂岩、粉砂岩与棕色夹浅灰-灰黑色泥岩不等厚互层,地层厚度一般为150~400m。

戴南组沉积时期,联盟庄地区主要为一套湖泊三角洲环境,沉积微相主要为水下分流河道、河口坝、席状砂、水下分流河道间、滑塌沉积、前三角洲和滨浅湖微相。根据联盟庄地区钻井、岩心和测井曲线所组成的相序特征对基准面旋回的识别,该区戴南组沉积可分为早、中、晚三期(图2)。戴南组沉积早期为低水位体系域,为曲流三角洲沉积了 E_2d^{1-3} 和 E_2d^{1-2} 地层;戴南组沉积中期为湖侵体系域,沉积范围扩大,沉积面貌继承了前期的格局,不过湖岸线后退,相带迁移,砂岩颗粒变细,暗色泥岩增多,沉积了 E_2d^{1-1} 地层;戴南组沉积晚期为高水位体系域,沉积范围略扩大,沉积补偿加快,水体变浅,沉积了 E_2d^2 地层^[3,16]。



图2 高邮凹陷古近系地层简表

1. 泥岩; 2. 粉砂质泥岩; 3. 泥质粉砂岩; 4. 粉砂岩; 5. 细砂岩; 6. 含砾不等粒砂岩; 7. 砾状砂岩; 8. 不整合

Fig.2 Stratigraphic division and lithologic column through the Palaeogene strata in the Gaoyou depression

1 = mudstone; 2 = silty mudstone; 3 = muddy siltstone; 4 = siltstone; 5 = fine-grained sandstone; 6 = gravel-bearing inequigranular sandstone; 7 = gravelly sandstone; 8 = unconformity

2 物源方向

沉积物物源分析是沉积盆地分析的重要内容,是再现沉积盆地演化、恢复古环境的重要依据,其主要研究对象是陆源碎屑组分及其结构和构造特征^[17]。古物源研究的方法很多,目前应用最为广泛的有岩屑组分分析^[18-20]、重矿物分析^[21-23]以及地球化学方法^[24]等。本文通过对研究区内戴南组的砂岩类型、矿物成熟度、岩屑类型及其含量变化、重矿物等资料判断高邮凹陷联盟庄地区戴南组各时期的主要物源方向。

2.1 碎屑组分分析

砂岩是陆源碎屑岩的主要岩石类型,其碎屑物质主要为母岩机械破碎的产物,是反映物质来源的重要标志^[25]。砂岩中的主要碎屑成分石英、长石和岩屑在恢复物源区的研究中具有极为重要的意义^[18]。由于石英稳定性很高,随沉积物搬运距离的

增加,它在碎屑组分中的相对含量也逐渐增大,长石和岩屑因其稳定性相对差,宜被风化剥蚀,随搬运距离的增加相对含量逐渐减少。矿物成熟度可以定量反映碎屑岩成分的成熟程度,矿物成熟度越大,碎屑成分的成熟程度越高,离物源区越远。

戴南组沉积早期,从石英、长石、岩屑成分相对含量分布及矿物成熟度等值线图(表1,图3A)可以看出,沿联19-联32井方向,石英含量由60.0%增加到62.0%, Q_m/Q 由0.87增至0.90,说明单晶石英含量沿次方向呈递增趋势,长石及岩屑的总含量由40.0%减少为38.0%,矿物成熟度由1.50增至1.63;沿与此平行的联15-联24井方向,石英含量由60.4%增加到66.4%, Q_m/Q 亦呈递增趋势,不稳定岩屑含量由20.6%降至12.4%,矿物成熟度由1.53增加到1.98。由上推测联盟庄地区戴南组沉积早期的物源来自东北部的自柘垛低凸起方向。

戴南组沉积中期,联15井的石英含量为62.9%,长石、岩屑总含量为37.1%,矿物成熟度为1.69,联24井石英含量为63.4%,长石岩屑总含量为36.6%,矿物成熟度为1.73,沿联15-联24井,石英含量、矿物成熟度增加,长石岩屑含量减小。

从图4A及图2可以看出,戴南组沉积晚期,沿联24-联32-联1-联19井方向石英含量依次增加,分别为54.2%、61.3%、61.9%和64.4%,相应的长石岩屑总含量依次减小,矿物成熟度也呈逐渐增加,由1.18增加到1.59、1.62,最后到1.81,不稳定岩屑含量由22.7%降至19.3%、17.7%,最后到12.5%,以上说明该时期联盟庄地区沉积物来自西北部的菱塘桥低凸起。

2.2 重矿物特征分析

砂岩中的重矿物因其耐风化、稳定性强,可以保留丰富的母岩信息,也是物源分析的依据之一。重矿物组合是物源搬运距离和岩性变化的极为敏感的指示剂^[11]。通常ZTR指数越大,沉积区距离物源区越远。

戴南组沉积早期,从主要陆源重矿物组合及ZTR等值线图(表2,图3B)可以看出,由联15-联24井ZTR从0.18增加到0.22;联11、联26井,ZTR指数分别为0.33和0.47,也呈增加趋势,可见ZTR指数具有沿汉留断层走向由东北向西南增加的趋势,同样说明该时期物源来自东北部的柘垛低凸起方向。联盟庄地区各时期稳定重矿物含量为95.44%~99.79%,无明显变化,说明联盟庄地区距离物源较远,沉积物搬运了一定的距离后才沉积。

表 1 联盟庄地区戴南组砂岩岩石组分分析表

Table 1 Petrographic compositions of the sandstones from the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region

时期	井号	主要岩石类型	Q	Q _m	Q _P	F	长石/%			岩屑/%			L	Lt	M	Q _m / Q	Q _P / Q	K/ F
							K	P	S	M	I							
早期	联 15	岩屑长石中砂岩, 长石岩屑中砂岩	60.4	56.3	6.1	19	6.6	12.4	5.7	5.5	9.4	20.6	26.7	1.53	0.88	0.13	0.53	
	联 19	岩屑长石中砂岩	60.0	53.2	7.8	24.2	8.2	16.0	4.1	2.3	9.4	15.8	23.6	1.50	0.87	0.15	0.51	
	联 24	岩屑长石中细砂岩	66.4	62.4	5.0	21.2	6.6	14.6	3.1	2.7	6.6	12.4	17.4	1.98	0.95	0.08	0.45	
	联 32	岩屑长石中细砂岩	62.0	57.5	4.5	18.8	8.4	10.4	7.0	4.8	7.4	19.2	23.7	1.63	0.90	0.12	0.81	
中期	联 15	岩屑长石中细砂岩	62.9	57.5	5.4	24.4	9.8	14.6	3.7	2.3	6.8	12.8	18.2	1.69	0.91	0.09	0.67	
	联 24	岩屑长石中砂岩, 长石岩屑中砂岩	63.4	59.1	4.3	18.2	7.5	10.7	7.7	4.4	6.4	18.5	22.8	1.73	0.93	0.07	0.70	
晚期	联 1	岩屑长石细砂岩	61.9	46.7	6.2	20.4	11.2	9.2	4.8	6.4	6.5	17.7	23.9	1.62	0.92	0.10	1.22	
	联 19	岩屑长石细砂岩	64.4	60.2	4.2	23.2	13.9	9.3	4.6	2.0	5.9	12.5	16.7	1.81	0.93	0.07	1.49	
	联 24	岩屑长石细砂岩, 长石岩屑细砂岩	54.2	46.9	9.3	23.1	16.4	6.70	5.0	11.7	6.0	22.7	32	1.18	0.87	0.17	2.45	
	联 32	岩屑长石细砂岩, 长石岩屑细砂岩	61.3	55.5	5.8	19.3	11.3	8	7.0	4.0	8.3	19.3	25.1	1.59	0.91	0.09	1.41	

Q-石英总量; Q_m-单晶石英含量; Q_P-多晶石英含量; F-单晶长石颗粒(K+P); K-钾长石; P-斜长石; S-沉积岩岩屑; M-变质岩岩屑; I-火山岩岩屑; M-矿物成熟度; Lt-多晶质岩屑(L+Q_p); L-不稳定多晶岩屑(L_v+L_s); L_v-火山岩和变质火山岩岩屑; L_s-沉积岩和变质岩岩屑(除燧石和硅化灰岩)

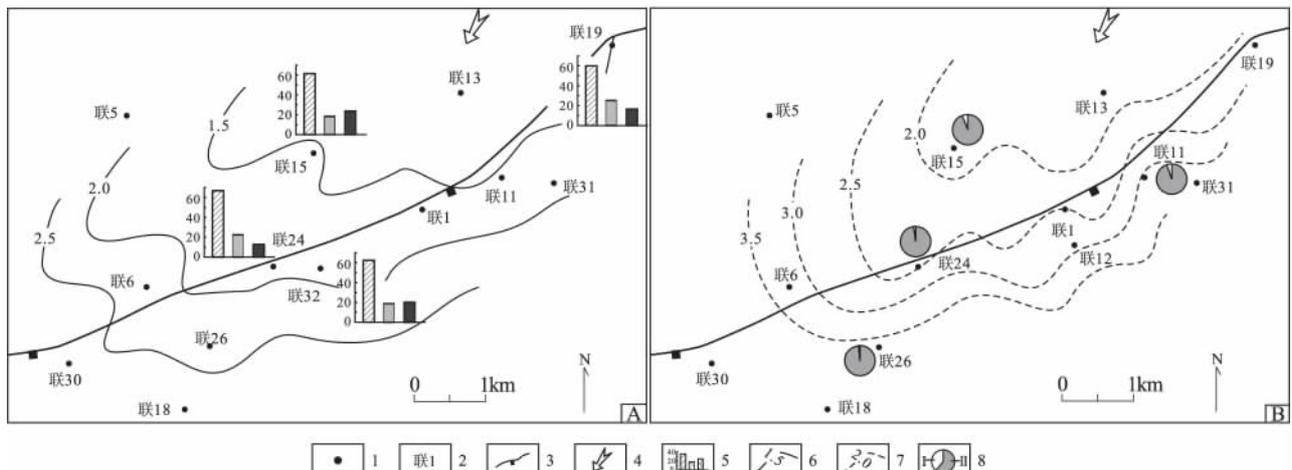


图 3 联盟庄地区戴南组早期物源分析

1. 井位; 2. 井名; 3. 断层; 4. 物源方向; 5. 碎屑成分含量(%): □石英; ▨长石; ■岩屑; 6. 矿物成熟度等值线; 7. ZTR 指数等值线; 8. 稳定重矿物与不稳定重矿物相对含量饼图: I. 不稳定重矿物; II. 稳定重矿物

Fig. 3 Provenance analysis of the Lianmengzhuang region during the early stage of the deposition of the Dainan Formation

1 = well site; 2 = well name; 3 = fault; 4 = provenance direction; 5 = detrital composition (%): □ quartz; ▨ feldspar; ■ lithoclastics; 6 = isoline of mineral maturity; 7 = isoline of ZTR indices; 8 = relative contents of the stable and unstable heavy minerals: I = unstable heavy mineral; II = stable heavy mineral

戴南组沉积中期, 联盟庄地区的联 15 和联 24 井的重矿物以石榴石为主, 分别占重矿物总量的 63.11% 和 72.72%, ZTR 指数分别为 0.17 和 0.25, 沿联 15-联 24 方向, ZTR 指数具有增大的趋势。结合砂岩百分含量可知, 联 9、联 21 井区砂岩百分含量最高, 可达 30% 以上, 向南砂岩百分含量在 10%

~20% 之间, 呈由北向南逐渐降低的趋势, 说明该时期物源主要来自于自北部, 物源区仍为柘垛低凸起方向。

戴南组沉积晚期, 从主要陆源重矿物组合及 ZTR 等值线图(表 2, 图 3B) 可以看出, 联盟庄地区联 24 和联 25 井的重矿物均以石榴石为主, 其 ZTR 指数分别为 0.12 和 0.23, 联 1 井重矿物以磁铁矿-

石榴石组合为主,对应的 ZTR 指数为 0.23 联 31 井重矿物则以石榴石-锆石重矿物组合为主,其 ZTR 指数为 0.58,整体上 ZTR 指数由西北向东南方向增

加,与石英含量和矿物成熟度具有相同的变化规律,也说明该时期物源主要来自于西北部,源区为菱塘桥低凸起方向。

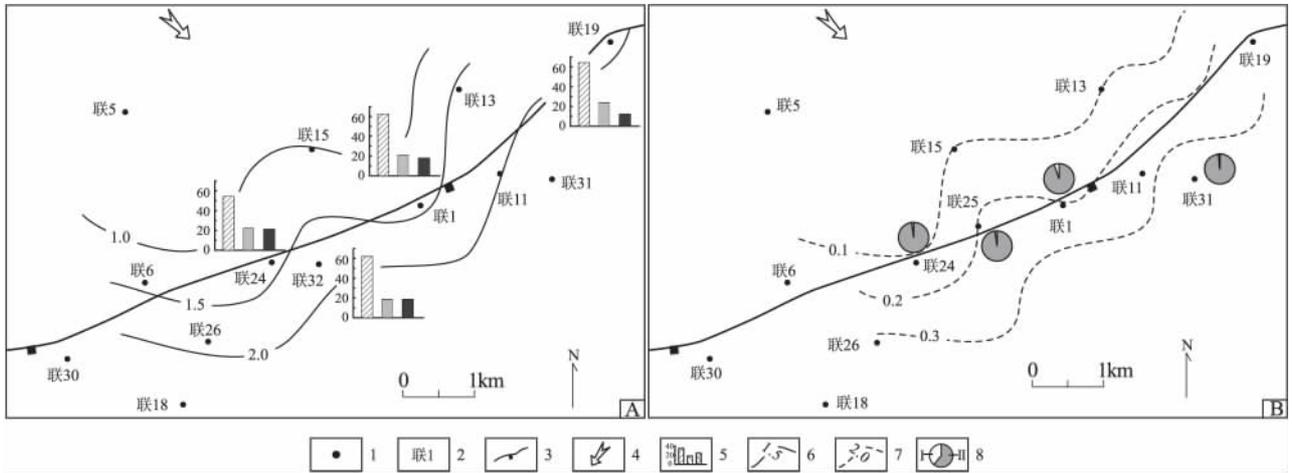


图 4 联盟庄地区戴南组晚期物源分析(图例见图 3)

Fig. 4 Provenance analysis of the Lianmengzhuang region during the late stage of the deposition of the Dainan Formation (symbols as in Fig. 3)

表 2 联盟庄地区戴南组主要陆源重矿物含量及 ZTR 指数表

Table 2 Contents and ZTR indices of main terrigenous heavy minerals from the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region

时期	井号	稳定重矿物 /%										不稳定重矿物 /%			ZTR
		金红石	锆石	电气石	石榴石	十字石	钛磁铁矿	磁铁矿	赤褐铁矿	独居石	板钛矿	绿帘石	黑云母	绿泥石	
早期	联 11	0	26.39	6.37	50.59	13.05	0	0	0	0.30	0	0	0	3.30	0.33
	联 15	7.30	6.36	0.93	60.38	0.12	0	12.16	8.16	0.03	0	0.13	0	4.43	0.18
	联 24	6.69	13.64	1.20	77.44	0	0	0	0	0	0	0	0	1.03	0.22
	联 26	7.75	20.66	17.01	51.38	0.25	0	1.30	1.20	0.25	0.10	0	0	0.10	0.47
中期	联 15	5.30	5.38	2.10	63.11	0.02	0	18.96	4.50	0.20	0	0	0	0.43	0.17
	联 24	7.69	15.64	1.76	72.72	0	0	0.53	0.65	0.18	0	0	0	0.83	0.25
晚期	联 1	3.15	5.89	3.93	40.38	0.09	0	43.60	0	0.04	0	0.03	0.16	2.73	0.23
	联 24	1.68	4.81	5.15	87.81	0.10	0	0	0	0.02	0	0.03	0	0.40	0.12
	联 25	3.20	13.52	5.05	73.02	0	0	0.83	3.92	0.25	0	0	0	0.21	0.23
	联 31	7.55	37.52	9.76	39.94	0	0.23	4.55	0.11	0	0	0	0	0.34	0.58

3 母岩性质

3.1 砂岩骨架成分分析

碎屑岩中的碎屑组分和结构特征能直接反映物源区和沉积盆地的构造环境。通过对选定层位砂岩样品中的石英、长石、岩屑含量进行统计,用 Dickinson(1985)碎屑骨架三角图进行投点。根据投点的分布情况,确定物源类型。可以有 QLF 主图解和 3 个辅助图解,从 QLF 图中可区分陆块、岩浆弧和再旋回造山带 3 个基本物源区。对再旋回造山

带而言,若单晶石英的含量高,则沉积物可能主要来自变形的、成熟的地台沉积物,它们是典型的前陆盆地沉积物;若多晶石英的含量高,则表明缝合带本身为主要物源区;若含丰富的燧石和泥质碎屑,则说明物源区可能为俯冲杂岩体和蛇绿岩。在 Qm-F-Lt、Qp-Lv-Ls 和 Qm-P-K 等辅助图上,可将物源进一步确定出来。

本文选取了 Dickinson(1985)提出的 Q-F-L 和 Qm-F-Lt 两种碎屑组分-物源区的分类模式进行研究(图 2)。联盟庄地区各时期的物源区基本一致,

都来自于再旋回造山带物源区,即该区沉积物均为再旋回沉积物。

根据戴南组多口井的薄片观察,表明联盟庄地区戴南组砂岩储层岩性以岩屑长石中砂岩、细砂岩为主,见长石岩屑中细砂岩(表1)。碎屑成分以石英、岩屑、长石和云母为主,粒间主要为钙质和泥质胶结。其中各时期石英碎屑以单晶石英为主, Q_m/Q 为0.87~0.95,表面大多较干净,呈棱角状,具有六边形和双锥形特征,这些特征表明砂岩中的单晶石英主要来自于成熟的地台,原始母岩为花岗岩及火山岩,变质石英的含量次之,再旋回石英较少。戴南组早期 Q_m/Q 的值要比中晚期稍低,说明该时期变质成因的石英所占比重比中晚期要大。多晶石英主要以燧石、拉斑石英等多晶硅质岩屑为主, Q_p/Q 为0.08~0.15,这说明原始母岩区被剥蚀地层曾受中-低变质作用影响。长石碎屑在戴南组早、

中期以斜长石为主,钾长石含量次之, K/F 为0.45~0.81,聚片双晶、卡氏双晶和肖钠双晶较为常见,部分长石发生绢云母化;戴南组晚期钾长石含量大于斜长石含量, K/F 为1.2~2.45,由此可知在戴南组晚期时联盟庄地区的物源发生了变化,与前述相符。

岩屑含量在12%~23%之间变化,平均为17.2%,以火山岩为主,含量为5.9%~9.4%,主要为玄武岩岩屑,平均为7.3%。沉积岩岩屑含量次之,含量为3.1%~7.7%,主要由粉砂岩、泥岩、碳酸盐岩组成,平均为5.3%。变质岩岩屑含量为2.0%~11.7%,主要为拉斑石英,其次为千枚岩和板岩等,矿物波状消光在该类岩屑中较为普遍,以上说明联盟庄地区各时期的沉积物母岩岩性均以中酸性火成岩为主,其次为沉积岩和变质岩。

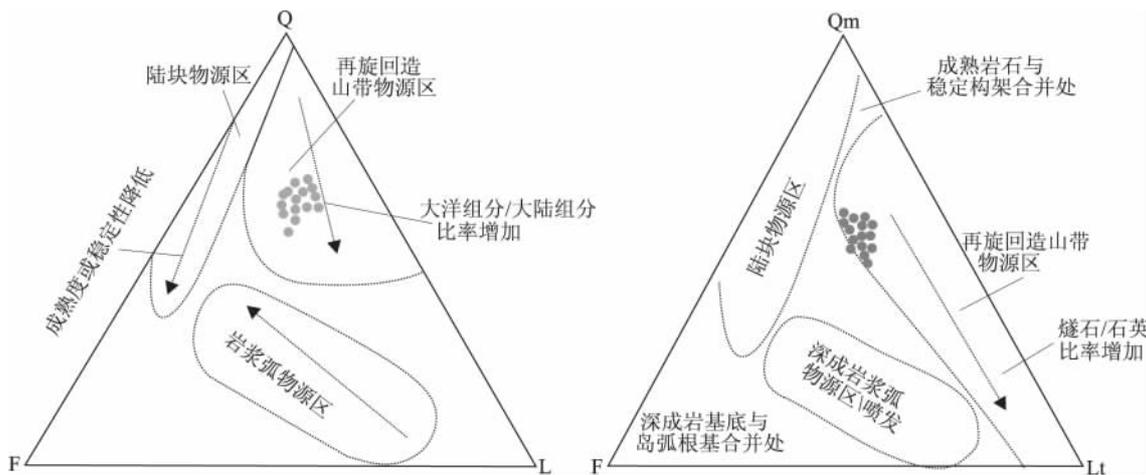


图5 联盟庄地区戴南组砂岩碎屑骨架三角图(据 Dickinson 等 1985 修改)

Fig.5 Triangular diagrams for the sandstones from the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region (modified from Dickinson, 1985)

3.2 重矿物特征对母岩的反映

对联盟庄地区7口井的35个重矿物样品进行人工重砂鉴定,分析结果表明,研究区内的陆源原生重矿物类型主要为石榴石、电气石、锆石、金红石、磁铁矿、十字石。石榴石多成淡粉色、不规则棱角状晶体,多被磨蚀;电气石呈茶褐色,次滚圆柱状、粒状,锆石多为玫瑰红色,偶见油黄色,呈柱状、半柱状,次棱-次圆状,偶见环带;金红石为黑红色多呈粒状;磁铁矿为铁黑色呈不规则粒状。以上特征说明联盟庄地区戴南组沉积物多为再旋回沉积物,矿物磨蚀程度比较高。

3.3 元素特征分析

联盟庄地区稀土元素(REE)的球粒陨石标准化均表现为轻稀土元素(LREE)明显富集,重稀土元素(HREE)强烈亏损, δEu 异常值(δEu)呈明显的负异常,LREE分馏程度较高,HREE分馏程度相对较低。REE总量(ΣREE)波动较大,变化于118.13~250.70 $\mu g/g$ 之间,平均187.43 $\mu g/g$,高于北美页岩的 ΣREE (163.94 $\mu g/g$), ΣREE 由戴南组早期至中期时期逐渐升高,这与高邮凹陷在该沉积时期存在湖盆扩张有关。REE参数与活动大陆边缘较为相似,代表轻重稀土元素分馏的 $(La/Yb)_N$ 值和 $\Sigma LREE/HREE$ 值普遍偏高,说明联盟庄地区戴南组

沉积岩稀土元素分异程度较高,说明其母岩区属活动大陆边缘。

联盟庄地区微量元素整体上表现为 Co、Ni 和 Cr 等亲铁性元素相对大陆上地壳较为富集且分馏明显,说明研究区物源可能受到岩浆-变质地体的影响,Nb、Zr、Hf 等高场强元素的含量与大陆上地壳较为相近,说明研究区的源岩为古老大陆上地壳。研究区样品具有较高且较为稳定的 Co/Th 值,La/Sc 值较高,说明研究区源岩可能为花岗岩和中基性火成岩。研究区样品均具有中等程度的 Nb 亏损和 Cr 富集,具有再旋回沉积所特有的明显的 Sr 谷,虽然研究区部分样品具有小规模的中基性物源所特有的 Zr、Nb 亏损和 Cr 富集,但所有样品均缺少 Sc 峰、V 峰,也说明研究区源岩可能为长英质物质和再旋回沉积物质,受中基性物质的影响,但影响较小。

综合分析可知,联盟庄地区沉积物其母岩区构造背景为活动大陆边缘,其源岩主要为花岗岩和中基性火成岩,受中基性物质的影响。研究区戴南组时期正处于苏北盆地晚期伸展的演化阶段,太平洋板块的俯冲带和岩浆活动区之间的苏北-南黄海地区处在软流圈浮力相对增大的状态,拉伸断陷形成并伴随不同期的幔源玄武岩溢流,并由于地壳的弹塑力和应力积累,使苏北盆地在演化过程中出现断陷与拗陷交替发育的特征。因此,苏北盆地在戴南组沉积之前岩浆活动频繁,火成岩基底类型较为丰富,以晚古生代的深部花岗岩化作用以及中生代的花岗岩与中-酸性喷发岩为主,基性岩喷发为辅且主要发生在二叠世和古近世,这与元素分析得出研究区源区岩石主要为长英质物质和再旋回沉积物质,受中基性物质的影响但影响程度较小的结论是吻合的,说明联盟庄地区戴南组物源多为基底母岩被剥蚀和再旋回沉积的产物。

4 沉积相展布

利用取心井段综合柱状图、录井综合柱状图、测井曲线综合解释,判别沉积微相,进行单井的微相分析,建立微相库,编制砂泥岩厚度等值线图、连井剖面对比图,结合物源方向,绘制研究区各时期的沉积微相平面图(图6)。

联盟庄地区戴南组早期湖岸线相对稳定,河湖均有一定能量。物源供应较充足,湖盆水体对河流带来的沉积物也有一定的改造作用,属建设型三角洲,其三层结构比较完整,三角洲分布面积广,前缘相展布较宽。沉积微相为水下分流河道、河口坝、

席状砂、滑塌沉积、水下分流河道间、前三三角洲和滨浅湖的组合(图6A)。因受汉留断层的影响,在联26、联31井区发育孤立的滑塌沉积扇沉积,单层厚度1~4 m。水下分流河道在该时期分布广泛,河道延伸较长,为本区主要储层^[8],水下分流河道间微相较发育。席状砂微相为本区分布较广泛的微相类型,平面基本特征为连续片状或条带状分布于河道外围。从戴南组早期沉积微相平面图(图6A)可以看出,三角洲为朵状三角洲,物源自东北向西南方向入湖,联2、联29、联6和联16井主要为弯曲、交汇状的水下分流河道,其周围的联33、联7、联28、联4井等为大面积连续条带状分布的河口坝和席状砂。联30、联9、联1井以南主要为前三三角洲和滨浅湖的泥质沉积。

联盟庄地区戴南组中期为朵叶状三角洲,物源由东北部转到北部,自联2、联15井一带入湖,由于湖侵的影响,侵蚀基准面上升,河流搬运能力减小,而湖能增强,对河流带来的沉积物改造作用大,三角洲向岸退缩,水下分流河道主要位于联14、联16、联10和联31井以北。联14、联9、联21井区为河口坝和席状砂微相。由于湖水的作用,联7、联28井由早期的席状砂微相变为滨浅湖微相。沉积微相平面特征沉积微相以水下分流河道、河口坝、席状砂、水下分流河道间、前三三角洲和滨浅湖为主,有少量滑塌沉积(图6B)。滑塌沉积微相分布局限,在研究区联6井区呈零星状分布。水下分流河道为本区分布最广泛的微相类型,席状砂微相在该时期分布较广泛,平面基本特征为连续片状或条带状分布于河道外围。水下分流河道间微相较发育。

联盟庄地区戴南组晚期为典型的河控三角洲。湖盆开始较快速地水退,侵蚀基准面下降,河流搬运能力增大,物源供给充足,而湖能很弱,对河流带来的沉积物改造作用小。三角洲规模向岸展布较窄,而向湖心方向延伸较远,水下分流河道主要为顺直型沉积。河道砂为宽条带状,宽度大于500 m,厚度大,在主流线上单层一般大于5 m,有的可达10 m以上。沉积微相以水下分流河道、河口坝、席状砂、水下分流河道间、前三三角洲和滨浅湖为主,无滑塌沉积(图6C)。水下分流河道在此时期分布最广泛,河道延伸长,单层厚度2~8 m。席状砂微相在本区分布较广泛,平面基本特征为围绕河道边部成连续条带状分布。从戴南组沉积微相平面展布图(图5)可以看出,物源由北部转移到西北部,自联15、联34、联13井方向入湖。水下分流河道主体位

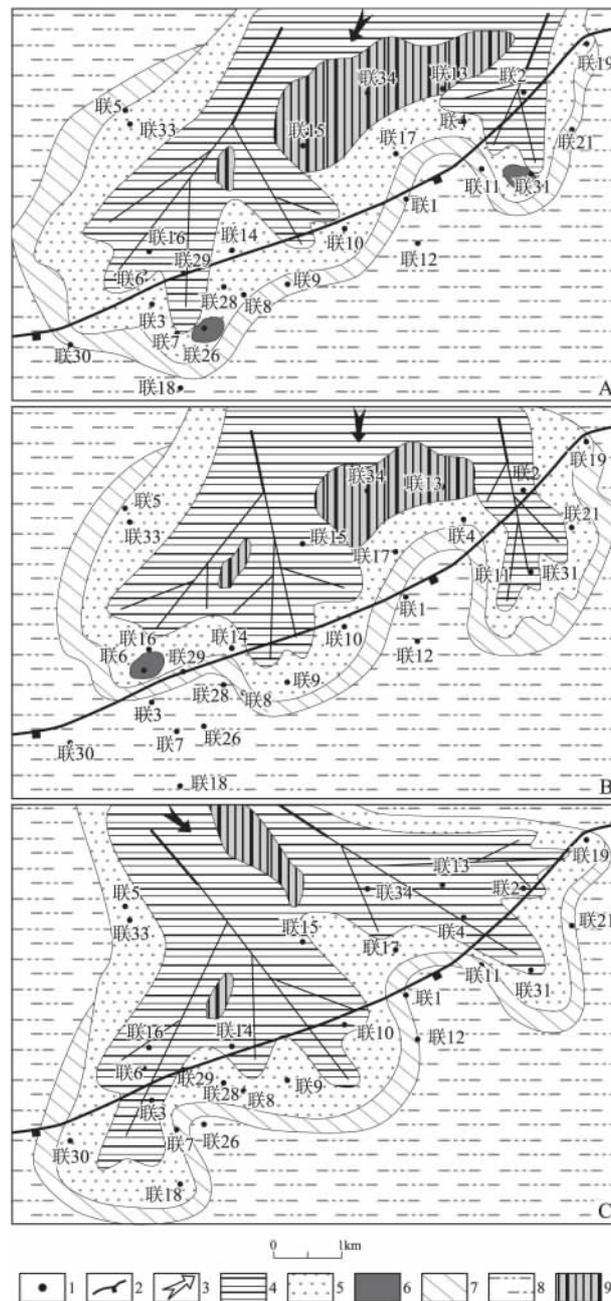


图6 联盟庄地区戴南组早期(A)、中期(B)、晚期(C)沉积微相平面图

1. 井位; 2. 断层; 3. 物源方向; 4. 水下分流河道; 5. 河口坝和席状砂; 6. 滑塌沉积; 7. 前三角洲; 8. 滨浅湖; 9. 水下分流河道间湾
Fig. 6 Planar distribution of the sedimentary microfacies during the early stage (A), middle stage (B) and late stage (C) of the deposition of the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region

1 = well site; 2 = fault; 3 = provenance direction; 4 = subaqueous distributary channel; 5 = channel mouth bar and sand sheet; 6 = olistostrome; 7 = prodelta; 8 = littoral and shallow lake; 9 = subaqueous interdistributary bay

于联16、联6、联3井和联34、联4井一线。联30、联18、联19井为席状砂微相,该时期砂体延伸较远,最远可达联18井。联26、联12、联1井以南为前三角洲和滨浅湖沉积。

5 结论

(1) 戴南组早、中、晚期的沉积物源具有不稳定

性。早中期,物源均来自自柘垛低凸起方向,物源方向由沿东北方向沉积演变为沿北南方向沉积;晚期物源来自自西北部的菱塘桥低凸起方向。

(2) 联盟庄地区戴南组沉积物为再旋回沉积物,母岩区构造背景为活动大陆边缘,其源岩主要为花岗岩和中基性火成岩。

(3) 戴南组沉积早期三角洲为朵状三角洲,在

此沉积时期,湖岸线相对稳定,河湖均有一定能量,物源供应充足,湖盆水体对河流带来的沉积物也有一定改造作用,属一般建设型三角洲;中期三角洲为朵叶状三角洲,在此沉积时期,湖盆发生湖侵,湖水对河流带来的沉积物改造作用大,沉积体向岸退缩;晚期三角洲为伸长状三角洲,在此沉积时期,湖盆开始水退,侵蚀基准面下降,河流搬运能力增大,物源供给充足,而湖能较弱,对河流带来的沉积物改造作用小,沉积体延伸较远。

致谢 本文得到江苏油田地质科学研究院刘玉瑞、刘启东、马英俊、董桂玉等帮助,李艳丽、高丽坤、张志萍参加部分研究工作,在此致以衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 隋淑玲,谭俊敏. 东营凹陷低位三角洲砂体隐蔽油气藏研究[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(2): 25-28.
- [2] 李明刚,庞雄奇,漆家福,等. 东营凹陷砂岩岩性油气藏分布特征及成藏模式[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 13-15.
- [3] 邱旭明,刘玉瑞. 苏北盆地上白垩统-第三系层序地层与沉积演化[M]. 北京:地质出版社, 2006. 5.
- [4] 薄永德,李东亮. 联盟庄地区 E_2d 隐蔽油藏研究[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25: 1-3.
- [5] 梁兵,张春峰,贺向阳,等. 联盟庄地区戴南组岩性油气藏勘探分析[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(1): 15-17.
- [6] 庞金梅,曹冰. 高邮凹陷戴南组隐蔽油气藏的成因及勘探实践[J]. 海洋石油, 2005, 25(3): 7-13.
- [7] 张喜林,朱筱敏,钟大康,等. 苏北盆地高邮凹陷古近系戴南组沉积相及其对隐蔽油气藏的控制[J]. 古地理学报, 2005, 7(2): 207-218.
- [8] 邱永峰,马英俊,崔晓晓,等. 高邮凹陷黄珏、联盟庄地区戴一段砂体展布特征研究及应用[J]. 复杂油气藏, 2010, 3(1): 15-19.
- [9] 周健,林春明,李艳丽,等. 苏北盆地高邮凹陷马家嘴地区古近系戴南组物源分析[J]. 沉积学报, 2010, 28(6): 1117-1128.
- [10] 周健,林春明,张霞,等. 江苏高邮凹陷古近系戴南组一段物源体系和沉积相研究[J]. 古地理学报, 2011, 13(2): 162-174.
- [11] 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): 409-412.
- [12] 翟光明. 中国石油地质志(卷八) [M]. 北京:石油工业出版社, 1987. 97-287.
- [13] 林春明,宋宁,牟荣,等. 江苏盐阜拗陷晚白垩世浦口组沉积相与沉积演化[J]. 沉积学报, 2003, 19(4): 553-559.
- [14] 史光辉,郑元财,周彬,李东亮. 高邮凹陷陡坡带戴南组断裂结构、沉积特征与成藏模式[J]. 石油天然气学报, 2008, 30(3): 195-197.
- [15] 张小兵,郑荣才,张哨楠. 高邮凹陷马家嘴-联盟庄地区戴南组构造-沉积体系[J]. 大庆石油地质与开发, 2007, (26) 1: 13-17.
- [16] 刘玉瑞. 苏北后生断陷层序地层格架与沉积体系[J]. 复杂油气藏, 2010, 3(1): 10-14.
- [17] 汪正江,陈洪德,张锦泉. 物源分析的研究与展望[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 104-110.
- [18] 刘立,胡春燕. 砂岩中主要碎屑成分的物源区意义[J]. 沉积与特提斯地质, 1991, 11(6): 48-53.
- [19] DICKINSON W R. Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones [A]. Zuffa G. Provenance of Arenites [C]. Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1985. 1-103.
- [20] 李忠,李仁伟,孙枢,等. 合肥盆地南部侏罗系砂岩碎屑组分特征及其物源构造属性[J]. 岩石学报, 1999, 15(3): 438-445.
- [21] MORTON C A, HALLSWORTH R C. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones [J]. Sedimentary Geology, 1999, 124: 3-29.
- [22] 和钟铎,刘招君,张峰. 重矿物在盆地分析中的应用研究进展[J]. 地质科技情报, 2001, 20(4): 29-32.
- [23] 何幼斌,王文广. 沉积岩与沉积相[M]. 北京:石油工业出版社, 2008. 276-280.
- [24] MCULLOCH M T, WASSERBURG G J. Sm-Nd and Rb-Sr chronology of continental crust formation [J]. Science, 1978, 200: 1003-1011.
- [25] 刘宝珺,曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地质出版社, 1985. 210-215.

Provenance and sedimentary facies of the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region , Gaoyou depression , northern Jiangsu

ZHOU Jian^{1,2} , LIN Chun-ming² , ZHANG Yong-shan³ , Yao Yu-lai⁴ , CHEN Shun-yong² , ZHANG Xia² , ZHANG Ni²

(1. Shengli Oil Field Company , SINOPEC , Dongying 257045 , Shandong , China; 2. State Key Laboratory for the Mineral Deposits Research , School of Earth Sciences and Engineering , Nanjing University , Nanjing 210093 , Jiangsu , China; 3. Shengli Bureau of Petroleum Administration , SINOPEC , Dongying 257000 , Shandong , China; 4. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources , Shenyang 110034 , Liaoning , China)

Abstract: The present paper focuses , in terms of the synthetic analysis of clastic rocks and heavy minerals , on the provenance analysis of the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region , Gaoyou depression , northern Jiangsu. The sediment sources are derived from the Zheduo low uplift in the northern part during the early and middle stages , and then from the Lingtangqiao low uplift in the northwestern part during the late stage of the deposition of the Dainan Formation. The sediments in the Formation belong to the recycled deposits. Tectonically , the parent rock provinces are believed to be located on the active continental margins. The source rocks primarily consist of granites and intermediately basic igneous rocks. The sedimentary facies analysis of the Dainan Formation in the Lianmengzhuang region is made on the basis of cores , electric logs , well logs and laboratory analysis. Influenced by the fluviolacustrine processes , the deltas tend to be aligned as flowers , lobes and elongated forms in individual stages.

Key words: provenance analysis; sedimentary facies; parent rock; Gaoyou depression; Dainan Formation