

文章编号: 1009-3850(2016)01-0090-08

松辽盆地中央坳陷朝 84-6 井区泉头组 四段沉积期双物源体系分析

王朋岩, 李耀华

(东北石油大学地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318)

摘要: 松辽盆地朝 84-6 井区在白垩系泉头组四段沉积时期位于盆地西南通榆-保康水系和南部长春-怀德水系的交汇处, 交汇水系内沉积物来源、古水流走向等仍属未知。通过对岩心、分析化验资料和区域砂体厚度预测结果的综合研究, 根据重矿物组合特征、ZTR 指数变化特征和地层砂体展布规律, 发现研究区的沉积特征具明显物源分带性, 将其划分为保康物源体系主控 I 区、怀德物源体系主控 III 区和双物源体系混合控制 II 区。结合研究区沉积相模式研究成果, 对比分析各分区的碎屑岩组分、砂岩厚度、岩石粒度和泥岩颜色等沉积特征的相似性和差异性, 验证了物源体系主控区域划分的合理性。

关键词: 松辽盆地; 朝 84-6 井区; 泉四段; 双物源

中图分类号: P512

文献标识码: A

引言

朝阳沟油田构造位置位于松辽盆地中央坳陷区内邻近东南隆起带的朝阳沟阶地之上。在泉头组至姚家组沉积期末, 以伸展作用为主, 地层产状近水平。研究区为朝阳沟油田的朝 84-6 井区(图 1), 在泉四段沉积时期为统一的坳陷区, 位于盆地中央坳陷区的汇水中心。继泉三段晚期水进之后, 盆地持续坳陷, 河流向盆推进, 形成面积十分可观的低位三角洲砂体, 物源隆升速率减小, 各水系向陆退缩, 湖盆扩张, 沉积物源来自周围的山区。

综合前人研究成果, 普遍认为松辽盆地白垩系泉头组有东北、北部、西部、南部、东南等 6 大物源及绥化、青岗、北安、讷河、齐齐哈尔、英台、白城、通榆、保康、怀德及长春等 11 支水系(图 1a)^[1-2]。目前, 针对泉四段沉积时期该井区所在区域的物源体系研究甚少, 但是前人针对大庆长垣以东、两井东-

木头南、扶新隆起带等具有复杂水系沉积特征的地区开展了物源体系分析, 这些地区均位于盆地中央坳陷区的汇水中心, 对分析研究区物源体系具有一定借鉴意义。其中张雷、卢双舫等^[3]对大庆长垣以东地区泉头组三、四段的物源特征及沉积体系进行了分析, 指出该地区分南部和北部两大主要物源体系。在泉三段至泉四段沉积时期, 北部物源体系控制范围逐渐缩小, 南部怀德物源体系相对增强。丛林、马世忠^[4]对松辽盆地南部两井东-木头南地区扶余油层的物源体系进行研究, 指出该地区存在西南保康沉积体系和南部长春怀德沉积体系, 并对每个沉积体系的影响范围和强度变化进行了综合分析和厘定。孙雨、马世忠等^[5]分析了松辽盆地扶新隆起带在扶余油层沉积时期的物源特征, 提出双源河控浅水三角洲沉积模式, 即西南保康物源和东南长春-怀德物源控制下形成枝状高能河控三角洲沉积体系。

收稿日期: 2015-05-25; 改回日期: 2015-08-07

作者简介: 王朋岩(1970-) 男, 教授, 博士。研究方向: 石油天然气地质。E-mail: majing06@126.com

资助项目: 国家科技重大专项(编号 2011ZX05028002); 黑龙江省普通高等学校青年学术骨干支持计划项目(编号 1155G03) 资助

由此可见,多物源混合控制沉积模式在松辽盆地较为常见,但是前人针对各井区的物源体系划分依据过于简单,通常局限于岩石重矿物特征、ZTR 指数变化趋势和砂体厚度变化趋势这 3 项指标,未对不同物源的岩石学特性、沉积环境的氧化条件、古水流的水动力条件等沉积学特征的差异性和相似性作进一步讨论。针对位于多水系交汇区域的油田井区,其研究范围相对较小,需要更加精确地了解不同物源水系主控区域范围,进而弄清研究区砂体成因及沉积演化规律。为此本文利用朝 84-6

井区 7 口探井(图 1b)的重矿物资料和区域砂体综合预测结果,结合前人对松辽盆地物源体系的研究成果,剖析研究区各物源体系主控区分带特征,判定交汇水系内的沉积物来源及古水流走向。同时利用各取心井岩心分析资料及地层砂体厚度定量预测结果,分析对比碎屑岩组分、岩石粒度、泥岩颜色和砂体厚度等沉积特征,进而验证物源体系主控区域划分的合理性。这对研究区沉积相研究具有重要指导作用,同时对临近井区的物源体系认证也有一定借鉴意义。

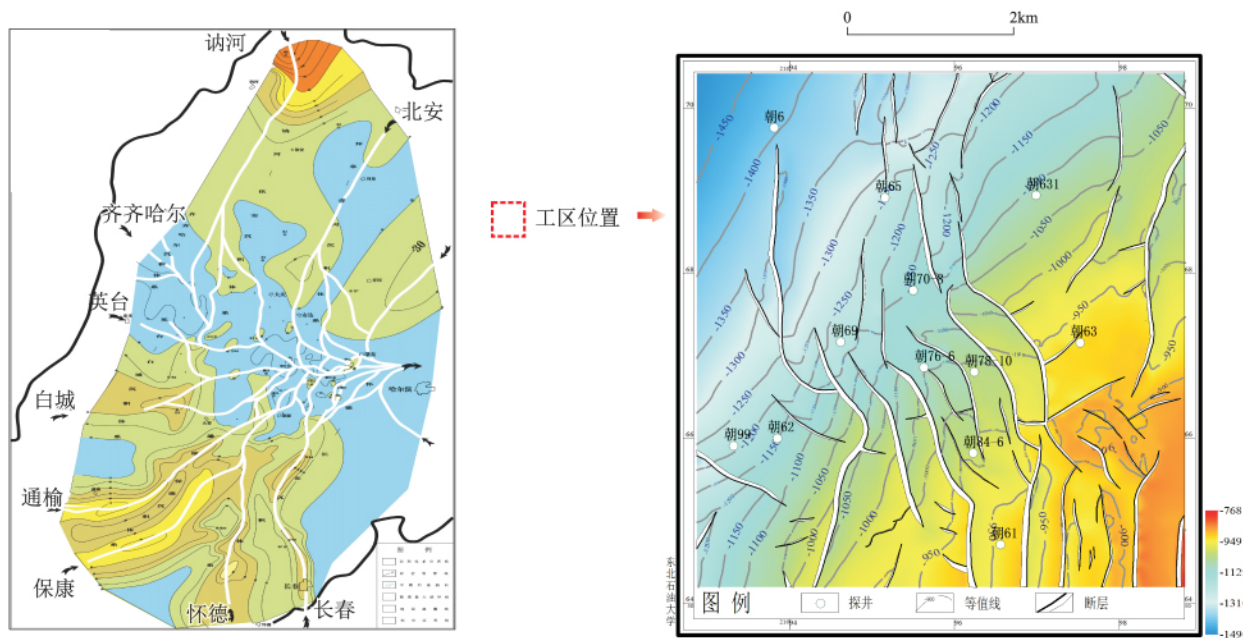


图 1 松辽盆地泉四段沉积体系图及工区位置示意图(据大庆油田勘探开发研究院)

Fig. 1 Sketch to show the distribution of the depositional systems and location of the Chao 84-6 well area, Songliao Basin

1 重矿物组分

重矿物是碎屑岩中相对密度大于 $2.86\text{g}/\text{cm}^3$ 的矿物,在碎屑岩中的含量极少,总量不超过 1%,但具重大意义。不同类型母岩的重矿物组分不同,经风化搬运后会产生不同的重矿物组合,因此,可以利用重矿物组合来判别母岩的性质和来源^[6]。

朝 84-6 区块 7 口探井(朝 6、朝 61、朝 62、朝 63、朝 65、朝 69、朝 631)共 288 个样品的重矿物相对含量数据统计表明,研究区发育的陆源重矿物类型主要有锆石、白钛石、磁铁矿、磷灰石、绿帘石、绿泥石、石榴子石、黑云母、电气石、锡石和榍石等。其中,锆石的相对含量分布范围为 4.1%~72%,平均值 33%,相对含量分布在 27%~62% 的可达 84% 左右;白钛石为 0.9%~31.1%,平均值为 11%,相对含

量分布在 11%~16% 的约占 64%;磁铁矿为 0.6%~78.5%,平均值 16%,一般相对含量 14%~27% 的可达 79% 以上;磷灰石为 0.9%~16.2%,平均值为 6%,相对含量 3%~10% 可达 87% 左右;绿帘石为 0.7%~9.5%,平均值为 4%,相对含量在 2%~8% 的可达 91% 左右;绿泥石为 0.2%~2.2%,平均值为 0.7%,相对含量在 1% 以下的可达 78% 以上;石榴子石为 6.8%~44.2%,平均值为 27%,相对含量在 13%~38% 的可达 89% 左右;黑云母为 0.3%~9%,平均值为 1%,相对含量在 1%~3% 的可达 70% 左右;电气石为 0.3%~11.5%,平均值为 2%,相对含量在 2%~4% 的可达 79% 左右;其它陆源重矿物含量极微忽略不计。根据上述矿物的平均含量,划分为主要重矿物、次要重矿物、少量重矿物、微量重矿物 4 类,统计结果见表 1。

表 1 朝 84-6 井区重矿物相对平均百分含量组合表

Table 1 Mean heavy mineral contents in the Chao 84-6 well area ,Songliao Basin

主要重矿物(>15%)	次要重矿物(15%~5%)	少量重矿物(<5%)	微量重矿物
锆石、石榴子石、磁铁矿	白钛石、磷灰石	电气石、黑云母、绿帘石	绿泥石、锡石、金红石

上述统计分析表明,研究区主要陆源重矿物组合为锆石-石榴子石-磁铁矿组合,母岩主要为酸性喷发岩,极少含变质岩和沉积岩。参考研究区区域地质资料发现,母岩类型与松辽盆地南部物源怀德体系和西南物源保康体系相一致,二者具有相似性,又有一定的差别。《中国石油地质志·卷二》给出松辽盆地保康和怀德物源体系的重矿物划分依据,怀德物源以石榴子石和锆石为主,保康物源以锆石和磁铁矿为主,怀德物源锆石/石榴子石一般大于 1,而保康物源锆石/石榴子石小于 1^[7]。

根据各探井重矿物组合平面分布图(图 2),朝 6 和朝 65 井的重矿物组分较一致,朝 63 和朝 61 井重矿物组分较一致,朝 62、朝 631 和朝 69 井规律性较差。比较研究区东西侧主要和次要重矿物相对百分含量(表 2、表 3),西侧朝 6、朝 65 井磁铁矿相对含量均大于 10%,东侧朝 61 和朝 63 井磁铁矿相对含量较低,均在 5% 左右。东侧朝 61 和朝 63 井的锆石+石榴子石相对含量较高,均在 70% 以上,锆石与石榴子石的比值均大于 1,而西侧朝 6、朝 65 井锆石+石榴子石相对含量低于东侧,普遍在 55% 以下,锆石与石榴子石的比值均小于 1。对于研究区域中央部位的朝 62 井、朝 631 和朝 69 井,磁铁矿含量、锆石+石榴子石含量和锆石与石榴子石含量比值等能够区分怀德和保康物源的重矿物特征,均无明显规律性,可以看做兼具双物源特征。基于以上分析,推测工区东侧沉积体系主要受松辽盆地南部东侧怀德体系物源控制,西侧主要受松辽盆地南部西侧保康体系控制,中部朝 62 井、朝 631 和朝 69 井所在区域受双物源共同控制。

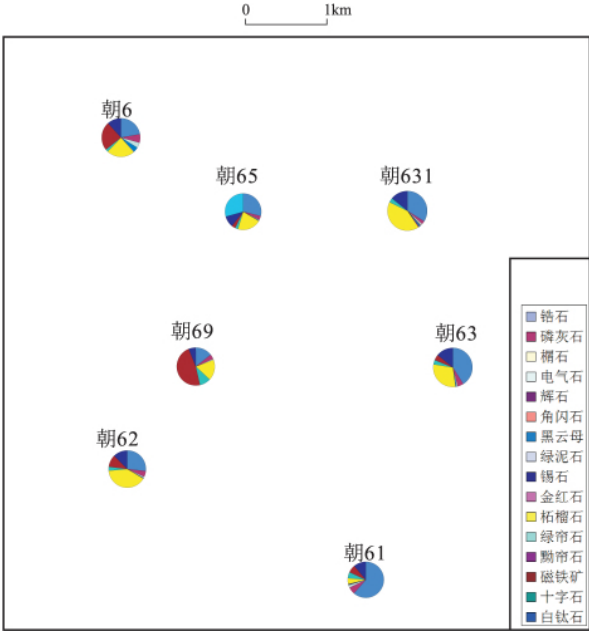


图 2 重矿物组合平面分布图

Fig. 2 Planar distribution of heavy minerals from the Chao 84-6 well area , Songliao Basin

2 ZTR 指数分布

重矿物种类很多,不同类型的母岩其重矿物组分不同,经风化破坏后会产生不同的重矿物组合。根据重矿物的风化稳定性可将其划分为稳定和不安定的两类,前者抗风化能力强,分布广泛,在远离母岩区的沉积岩中,其百分含量相对增高;后者抗风化能力弱,分布不广,离母岩越远,其相对含量越少。在重矿物中,锆石、电气石、金红石最稳定,这 3 种矿物在重矿物中所占的比例称为 ZTR 指数。离物源区越远,ZTR 指数越大,这也是判断物源方向的

表 2 朝 84-6 井区各探井重矿物相对含量组合表

Table 2 Relative heavy mineral contents in the Chao 84-6 well area , Songliao Basin

井号	主要矿物(>15%)	次要矿物(15%~5%)
朝 6	锆石(22%)、石榴子石(24%)、磁铁矿(24%)	白钛石(12%)、磷灰石(7%)
朝 65	锆石(26%)、石榴子石(28%)、磁铁矿(15%)	白钛石(9%)、磷灰石(8%)
朝 61	锆石(61%)、石榴子石(15%)	白钛石(11%)、磷灰石(6%)、绿帘石(5%)
朝 63	锆石(41%)、石榴子石(30%)	白钛石(14%)、磷灰石(5%)、磁铁矿(5%)
朝 62	锆石(27%)、石榴子石(40%)	磁铁矿(11%)、白钛石(13%)、磷灰石(5%)
朝 631	锆石(42%)、石榴子石(34%)	白钛石(14%)
朝 69	锆石(15%)、石榴子石(18%)、磁铁矿(48%)	白钛石(6%)

表 3 朝 84-6 井区各探井特征重矿物统计表

Table 3 Statistics of the diagnostic heavy mineral in the Chao 84-6 well area , Songliao Basin

井号	朝 6	朝 65	朝 61	朝 63	朝 62	朝 631	朝 69
磁铁矿相对含量(%)	24	15	<5	5	11	<5	48
锆石 + 石榴子石相对含量(%)	46	54	76	71	67	76	33
锆石 / 石榴子石	0. 91	0. 93	4. 06	1. 37	0. 68	1. 23	0. 83

重要指标^[8-10]。图 3 是根据研究区各探井的锆石、电气石、金红石在重矿物组分中的相对含量作出的 ZTR 指数平面分布图。观察 ZTR 指数变化趋势,整体从西南向东北方向逐渐升高,由此判断古水流走向主要为 SW-NE 方向(见图 3 中红色和蓝色箭头)。但是在朝 62 井和朝 631 井位处,ZTR 指数变化趋势出现异常(见图 3 中绿色箭头),推测该两井所在区域怀德水系和康康水系交汇程度较高,造成其 ZTR 指数变化趋势指向性差异。

3 砂体展布

观察 FI + FII 砂组(扶余油层中上部,相当于白垩系泉四段沉积地层)砂岩厚度反演综合预测等值线图(图 4),发现研究区 FI + FII 砂组有两个部位的累积厚度超过 30m,主要位于西北侧的朝 65 井和东南侧的朝 61 井位处。比较这两处砂体展布及砂体厚度变化趋势,不难发现整体沿 SW-NE 方向变薄,且东南侧砂体的变化趋势(图 4 中红色箭头指示方向)偏向 SSW-NNE 方向,西北侧的砂体厚度变化趋势(图 4 中蓝色箭头指示方向)更偏向于 SW-NE 方向,中间过渡带砂体展布无明显方向性,推测其受双物源主干水系的分支河道共同控制。在该区域内不同水系会因频繁发生河流分叉、改道和汇聚作用使其沉积体系的双物源特征更加明显。

4 双物源体系验证

综合重矿物组分、砂体厚度和 ZTR 指数分析,将 FI + FII 砂组预测砂岩厚度作为背景,叠加 7 口探井的 ZTR 指数等值线和重矿物组分饼状图,能更清晰观察研究区双物源体系的分带性(图 5),进而将研究区分为 3 个区块,I 区为 SW-NE 方向的康康体系主控区,III 区为 S-N 方向怀德体系物源主控区,II 区为双物源共同控制区。统计 I、II、III 区的沉积特征要素,图 6 中由上至下分别为各分区相对应的碎屑岩分类图、砂体厚度频率分布图、典型分流河道砂体的粒度曲线图、粒度曲线图、C-M 散点图和泥岩颜色统计图,可以看出这 3 类分区不同沉积特征具有一定差异性和相似性。

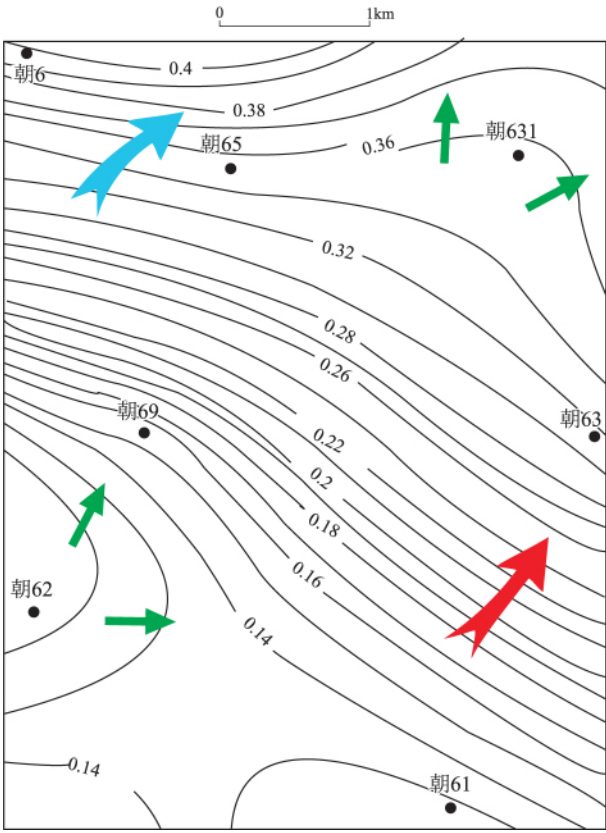


图 3 ZTR 指数平面分布图

Fig. 3 Planar distribution of ZTR index for the Chao 84-6 well area , Songliao Basin

4.1 沉积特征差异性

I、II、III 区的沉积特征差异性主要体现在母岩成分、河流搬运距离和水动力条件方面的区别。通过观察对比图 6 中碎屑岩组分三角图,发现 I 区岩石碎屑含量较高,多为岩屑砂岩,III 区主要为长石质岩屑砂岩,II 区兼有两者岩性特征,这说明因主控物源及河流搬运距离不同,岩石组分和成分成熟度具有一定差异性,分析结果符合《松辽盆地南部岩性油藏的形成与分布》所述“松辽盆地白垩纪泉头组的康康沉积体系岩石类型主要为长石岩屑细砂岩,怀德体系主要为中、细粒长石岩屑砂岩”^[15]。通过对比分析砂体厚度定量预测结果并统计各分区的砂体厚度频率分布特征,发现 3 个分区的砂体累

积厚度均以 10~15m 为主, I 区和 III 区大于 20m 的砂体累积厚度的比例超过 20%, II 区大于 20m 的砂体厚度非常少见, 推测其原因为 II 区的河道形式主要为双物源水系主水道的分支河道, 河流流量不稳定, 河道频繁分流和汇聚会降低水动力能量, 减弱河道规模, 从而影响砂体发育。通过对比典型分流河道砂体的粒度曲线图, 发现 I 区和 III 区的粒度频率曲线(粉色线)均为单偏态, 具有典型三角洲平原分流河道砂体粒度特征。粒度概率累积曲线(黑色线)主要发育两个次总体, 代表了悬浮搬运和跳跃搬运两种基本搬运方式^[16-19]。其中 I 区的粒度概率累积曲线 S 截点对应的粒径值(表示能悬浮的最粗颗粒)略高于 III 区, 粒度频率曲线的离散程度(主要反映颗粒的分散和集中状态)略低于 III 区, 表明 I 区的水动力条件略强, 沉积物分选性略低, 进一步说明两者的沉积物搬运距离有一定差异^[20-22]。对于 II 区, 最明显区别于 I 区和 III 区的是河道砂体的粒度概率累积曲线的跳跃段普遍发育两个次总体(交汇点通常代表冲刷-回流分界点)。这是因为作为双物源水系交汇区, 由于水道的频繁改道、分流、汇聚等作用, 在河道内易出现冲蚀流、回流和沿岸流等异常水体作用^[23], 造成粒度分布概率累积曲线跳跃段出现两个次总体。

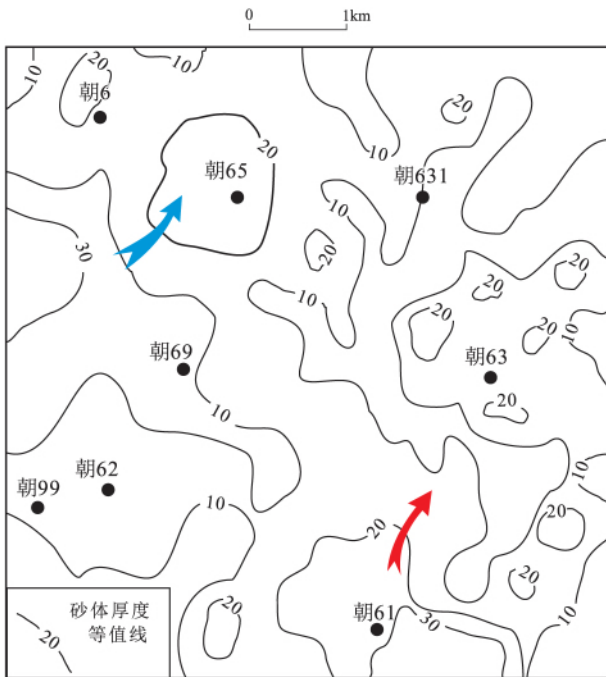


图4 FI + FII 砂组预测砂体厚度等值线图

Fig. 4 Isopach map for the sandstone thickness in FI + FII sand sets

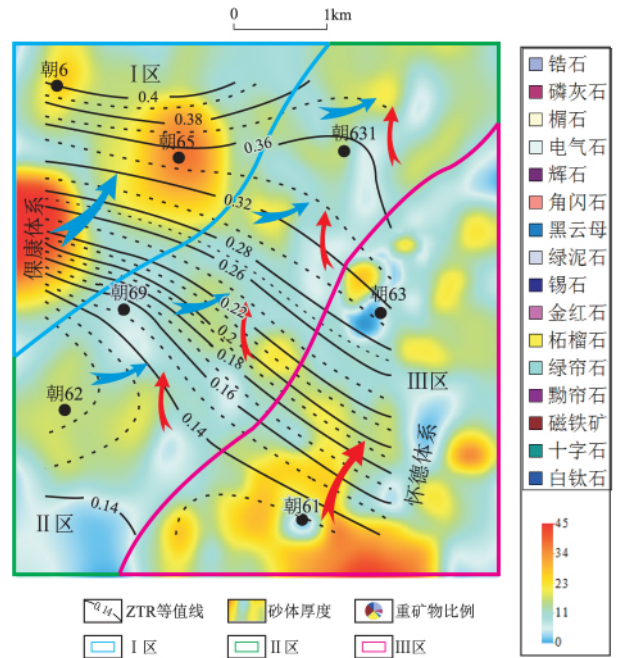


图5 物源主控区分带图

Fig. 5 Diagram showing the zonation of the provenances in the Chao 84-6 well area, Songliao Basin

4.2 沉积特征相似性

观察图6泥岩颜色统计图和粒度参数 C-M 散点图, 发现各分区泥岩颜色和粒度分布较为一致, 其中泥岩颜色均以红色和紫红色为主, 代表水上或水体很浅的沉积环境产物^[24-26]。C-M 参数均投点于 RS(均匀悬浮)段和 QR(递变悬浮)段。均匀悬浮是上层水流的搬运形式, 不受底流分选; 递变悬浮一般位于水流下部, 主要是由各种升举力引起的颗粒跳跃高度不同引起^[27]。研究区主要水动力状态为沉积平稳流(对应 CM 图中的 RS 段)和沉积递变流(对应 CM 图中的 QR 段)。

根据沉积模式研究成果, 在泉四段沉积时期, 研究区属于缓坡浅水枝状三角洲沉积体系, 沉积物来自盆周山区。保康和怀德体系沉积模式较为相似, 河道斜交盆轴, 基底呈缓坡状, 河流水动力较强, 主要发育三角洲平原亚相, 对应图7中湖盆最高潮水线(对应图中洪泛面)和最低潮水线(对应图中枯水面)之间, 实际上主要是指主河道开始分叉至分流河道消失或席状砂形成为止。图7中绿框对应双物源控制 II 区, 红框和蓝框分别对应怀德物源和保康物源主控的 I 区和 III 区。研究区泉四段沉积时期主要水动力状态为沉积平稳流(对应 CM 图中的 RS 段)和沉积递变流(对应 CM 图中的 QR 段)。双物源水系进入下三角洲平原, 混合而成低能量漫

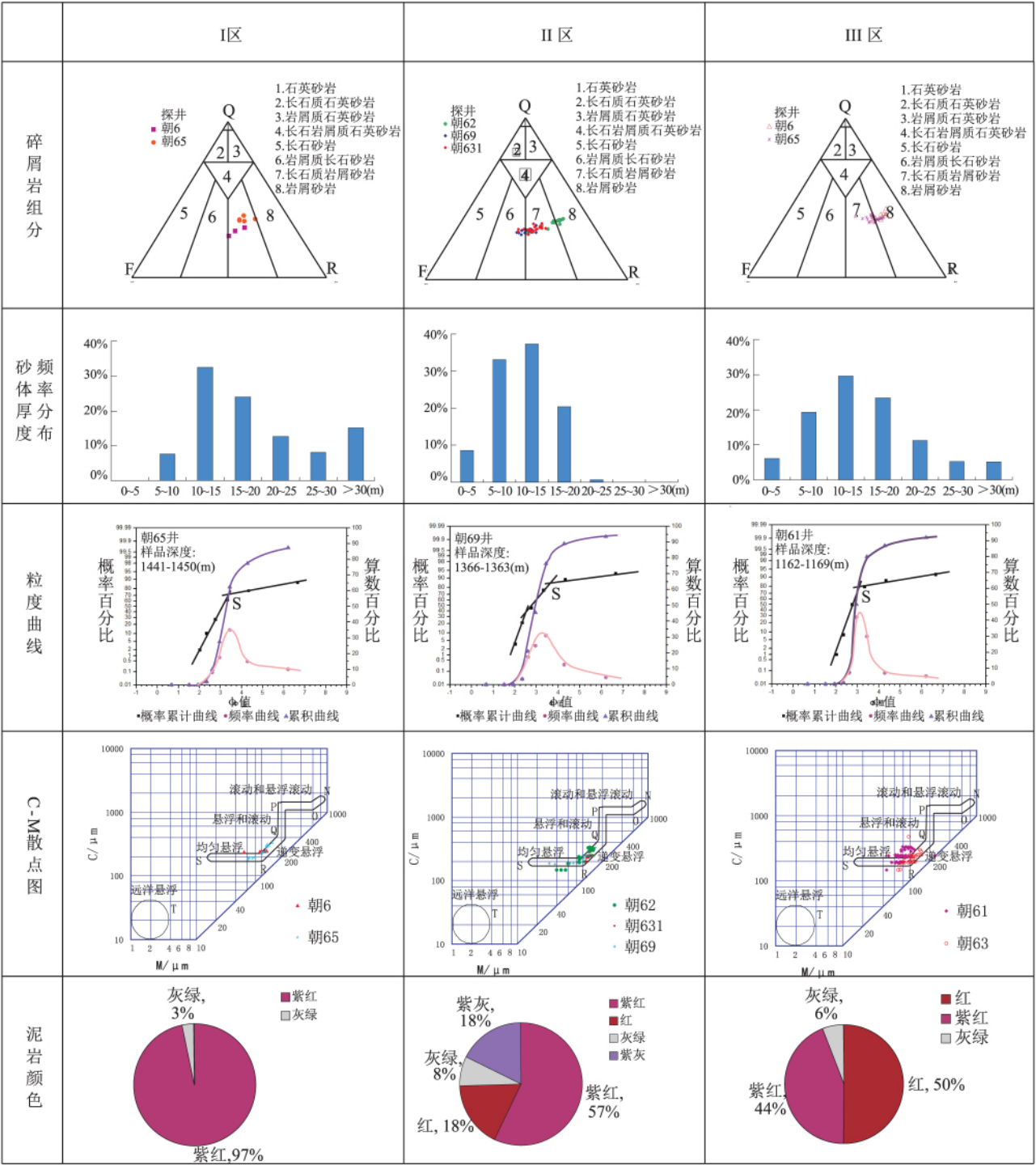


图 6 I、II、III 区沉积特征对比图

Fig. 6 Correlation of depositional characteristics of the provenances I , II and III

流的沉积平稳流。沉积平稳流经自身扩散并与湖水充分混合形成大面积分流河道间漫岸沉积 ,这是研究区三个物源分区泥岩颜色和粒度参数 C-M 图具有较高一致性的原因。对于不同水系之间单向流动的沉积递变流所形成的分流河道 ,除了重矿物组分、ZTR 指数和砂岩厚度变化趋势等常规参数能

够识别物源体系外 ,一些重要沉积特征由于水系沉积物来源、搬运距离和水动力条件不同而产生一定差异性 ,可用来验证研究区不同物源体系主控区划分是否准确 ,如上文利用岩石组构特征、砂体累积厚度频率分布特征、河道砂体的粒度分布特征的差异性验证研究区物源分区的合理性。

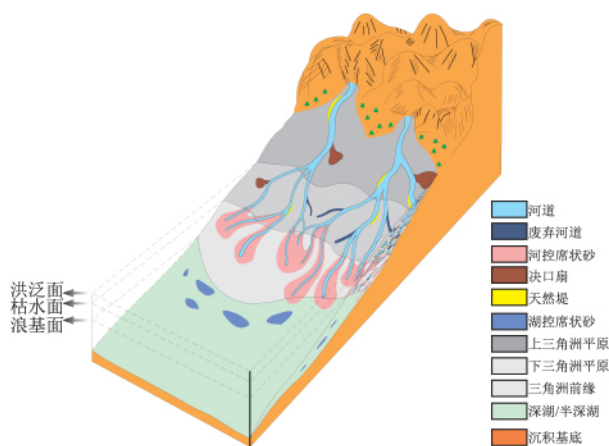


图7 朝84-6井区扶余油层双物源沉积模式图

Fig.7 Sedimentary model showing the multiple provenances in the Chao 84-6 well area, Songliao Basin

5 认识与讨论

综上所述,朝84-6井区泉头组沉积时期主要存在SW-NE方向的保康物源体系和S-N方向的怀德物源体系,依据研究区物源分带特征划分为I、II、III区。其中I区为保康物源主控区,主要受西南保康水系控制,重矿物组分中磁铁矿含量相对较高,普遍大于10%,锆石+石榴子石含量高于70%,锆石与石榴子石含量的比值大于1,ZTR指数变化趋势与砂体展布均为SW-NE方向;III区为怀德物源主控区,主要受南部怀德水系控制。重矿物组分中磁铁矿含量相对较低,均在5%左右,锆石+石榴子石含量低于45%,锆石与石榴子石含量的比值小于1,ZTR指数变化趋势与砂体展布均为SSW-NNE方向;II区受双物源水系共同控制。重矿物组分兼具双物源特征,ZTR指数和砂体展布均无明显方向性,受双物源主干水系的分支河道共同控制。在该区域内,不同水系频繁发生河流分叉、改道和汇聚作用,使其沉积体系的双物源特征更加明显。

各分区的沉积特征具有一定相似性和差异性。相似性是由于双物源水系进入下三角洲平原,混合而成低能量漫流的沉积平稳流。沉积平稳流经自身扩散并与湖水的充分混合形成大面积分流河道间漫岸沉积,主要体现在泥岩颜色和粒度参数C-M散点图较为一致;差异性是由于沉积物来源、河流搬运距离和水动力条件的差异导致不同水系之间单向流动的沉积递变流形成沉积特征不同的分流河道,其沉积岩石组分、砂体厚度频率分布和河道砂体的粒度分布曲线均有所不同。具体表现为:在碎屑岩组分方面,I区主要发育岩屑砂岩,III区主要

发育长石质岩屑砂岩,而II区兼有二者岩性特征;在粒度特征方面,I区和III区的粒度概率累积曲线均为单偏态二段式。I区粒度概率累积曲线S截点对应的粒径值略高于III区,粒度频率曲线的离散程度略低于III区。II区由于水道的频繁改道、分流和汇聚,在河道内易出现冲蚀流、回流和沿岸流等异常水体作用,导致粒度分布概率累积曲线的跳跃段普遍发育双次总体。在砂体厚度特征方面,由于河流流量稳定性差异,导致I区和III区20m以上的砂体累积厚度比例均超过20%,而II区超过20m的砂体累积厚度非常少见。

值得说明的是,研究区物源控制区的划分并非绝对的,物源主控因素只是一个相对概念。本文定义I区为保康物源体系主控区,旨在说明该区域以通榆-保康水系的沉积作用为主,也有可能因为长春-怀德水系分支河道的单向延伸而具有一定怀德物源体系的沉积特征,只是其影响较小,故而划分为保康物源主控区。由此可见,对于混合物源区域,尚存在“拟合多物源体系评价指数”、“定量评价不同物源体系对区域沉积的影响程度”、“精细刻画物源分区边界”等问题需进一步解决。

参考文献:

- [1] 潘树新,卫平生,王天琦,等. 松辽盆地东部物源的发现及其石油地质意义[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(6): 1022-1026.
- [2] 关德师. 松辽盆地白垩统层序地层及沉积体系研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2004.
- [3] 张雷,卢双舫,张学娟,等. 大庆长垣及以东地区泉头组三、四段重矿物特征及沉积体系分析[J]. 大庆石油学院学报, 2010, 34(1): 10-13.
- [4] 丛林,马世忠. 松辽盆地南部两井东-木头南地区扶余油层物源分析[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(25): 6138-6144.
- [5] 孙雨,马世忠,丛林,等. 松辽盆地扶余隆起带南部扶余油层沉积特征及沉积模式探讨[J]. 沉积学报, 2012, 4(1): 10-13.
- [6] 彭国亮,吴朝东,张顺,等. 松辽盆地北部上白垩统嫩江组二、三段物源分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010, 46(4): 555-562.
- [7] 吉林油田石油地质志编写组. 中国石油地质志·卷二[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [8] 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): 409-415.
- [9] 杨仁超,李进步,樊爱萍,等. 陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势[J]. 沉积学报, 2013, 31(1): 99-106.
- [10] 操应长,宋玲,王健,等. 重矿物资料在沉积物物源分析中的应用—以涠西南坳陷古近系流三段下亚段为例[J]. 沉积学报, 2011, 29(5): 835-841.
- [11] 朱松柏,文涛,徐邦炎,等. 重庆北碚地区下侏罗统自流井大

- 安寨段沉积特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2013, 33(4): 40-45.
- [12] 李刚, 唐照友, 程旭. 黔南坳陷平塘甘寨二叠系茅口组沉积相与储层特征分析[J]. 沉积与特提斯地质, 2013, 33(4): 46-53.
- [13] 杜贵超. 鄂尔多斯盆地七里村油田延长组长 62 油层沉积相特征及沉积模式[J]. 沉积与特提斯地质, 2014, 34(4): 30-39.
- [14] 张景军, 柳成志, 张雁, 等. 湖岸线演化及砂体分布规律研究——以大庆长垣湖岸线演化为例[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(4): 50-54.
- [15] 王永春. 松辽盆地南部岩性油藏的形成和分布[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [16] 蒋庆丰, 刘兴起, 沈吉. 乌伦古湖沉积物粒度特征及其古气候环境意义[J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 876-881.
- [17] 金秉福. 粒度分析中偏度系数的影响因素及其意义[J]. 海洋科学, 2012, 36(2): 130-135.
- [18] 李智佩, 岳月平, 薛祥熙, 等. 毛乌素沙地沉积物粒度特征与土地沙漠化[J]. 吉林大学学报地球科学版, 2007, 37(3): 578-586.
- [19] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原江陵湖泊沉积物粒度特征及气候环境意义[J]. 吉林大学学报地球科学版, 2007, 37(3): 570-577.
- [20] 于兴河, 陈永桥. 碎屑岩系的八大沉积作用及其油气储层表征方法[J]. 石油实验地质, 2004, 26(6): 517-524.
- [21] 李军, 高抒, 增志刚, 等. 长江口悬浮体粒度特征及季节性差异[J]. 海洋与湖沼, 2003, 24(5): 499-509.
- [22] 郑浚茂. 陆源碎屑沉积环境的粒度标志[M]. 北京: 武汉地质学院北京研究生部, 1982.
- [23] 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社.
- [24] 旷红伟, 高振中, 穆鹏飞, 等. 准噶尔盆地夏盐凸起石南 31 井区下白垩统清水河组一段物源分析[J]. 古地理学报, 2008, 10(4): 372-378.
- [25] 程日辉, 王国栋, 王璞珺, 等. 松科 1 井北孔四方台组-明水组沉积微相及沉积环境演化[J]. 地学前缘, 2009, 16(6): 85-95.
- [26] 王健, 操应长, 刘惠民, 等. 东营坳陷沙四下亚段沉积环境特征及沉积填充模式[J]. 沉积学报, 2012, 30(2): 274-282.
- [27] PASSEGA R. Grain size representation by CM patterns as a geological tool [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1964, 34: 830-847.

Multiple provenance analysis of the Chao 84-6 well area during the deposition of the 4th member of the Quantou Formation in the Central depression, Songliao Basin

WANG Peng-yan, LI Yao-hua

(School of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, Heilongjiang, China)

Abstract: The Chao 84-6 well area was located in the intersection of the Tongyu-Baokang drainage system in the southwest and Changchun-Huaide drainage system in the south of the Songliao Basin during the deposition of the 4th member of the Cretaceous Quantou Formation in the Central depression, Songliao Basin. Due to complex convergence of multiple sources of the drainage systems, the sediment sources and palaeocurrent directions remain uncertain up to now. In the light of heavy mineral assemblages, ZTR indices and sandstone distribution, the authors in this paper contend that the sediment sources may be composed of the provenance I controlled by the Baokang drainage system in the southwest, provenance III controlled by the Huaide drainage system in the south, and provenance II controlled by the double drainage systems.

Key words: Songliao Basin; Chao 84-6 well area; 4th member of the Cretaceous Quantou Formation; multiple provenances