

文章编号: 1000-0550(2011)06-1096-09

松辽盆地十屋断陷十屋地区营城组物源体系探讨

操应长¹ 周磊¹ 张玉明² 陈孔全² 谢正霞²

(1. 中国石油大学地球资源与信息学院 山东青岛 266555; 2. 中国石油化工股份有限公司东北油田分公司 长春 130026)

摘要 在综合分析碎屑颗粒组分、重矿物组合、砂砾岩展布和地层倾角测井等资料的基础上,探讨了十屋断陷十屋地区营城组沉积时期的物源体系特征和分布。碎屑颗粒组分和重矿物分析能指示物源区母岩类型和碎屑物质的搬运方向,砂砾岩展布能指明了碎屑物质的搬运方向和搬运途径,地层倾角测井则指示了古水流的方向。结果表明,十屋地区营城组存在三大物源体系,分别是西北方向以沉积岩和岩浆岩为母岩的西北物源体系、以岩浆岩为母岩的北部斜坡物源体系和以岩浆岩、变质岩为母岩的东部斜坡物源体系,三大物源体系共同控制了十屋地区营城组沉积时期砂体的形成和分布,并且形成了“多物源混源沉积、各物源源间存异、各时期继承发育”的沉积格局。

关键词 碎屑颗粒组分 重矿物 古水流 多物源分析 营城组 松辽盆地

第一作者简介 操应长 男 1969年出生 博士 教授 沉积学 E-mail: caoych@upc.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

十屋断陷为松辽盆地东南隆起区的次一级构造单元,是晚侏罗世以来发育而成的独立生烃凹陷^[1,2]。十屋地区位于十屋断陷中央构造带中部(图1),中央构造带北陡南缓,自东北向西南倾没于深凹之中,在断层作用下与烃源岩相连,具备了优越的油气成藏条件,是有利的油气聚集区^[3-5]。十屋地区的油气勘探已有一段历史,其探明储量主要分布在中浅层登娄库—泉头组,而近些年来在深层特别是营城组也取得重大突破,十屋8、十屋11、松南167等井均获工业油气流,显示了该区深层丰富的油气资源和勘探前景。但十屋断陷地质情况十分复杂,加之该区深层勘探程度较低,基础地质研究薄弱,特别是对物源问题认识不深入。因此,开展物源体系的研究,对该区的油气勘探开发和部署均具有十分重要的意义。

十屋断陷由于其构造格局及形成演化受松辽盆地的整体构造运动及应力场作用,具有断陷构造层和坳陷构造层的双层结构特征,其中断陷构造层自下而上沉积了火石岭组(J_3h)、沙河子组(K_1sh)、营城组(K_1yc)、登娄库组(K_1d)等地层^[1,2]。营城组自上而下划分了营一、营二至营五段等五个砂层组(图1),地层以中厚层灰色、灰黑色泥岩与薄层浅灰色、灰色细砂岩、中砂岩、粗砂岩互层为特征。前人研究认为十屋盆地断陷期在区域上存在北部、东部和西部三个

物源区^[2,6],受这三个物源体系的影响,发育多种沉积体系并形成了复杂的空间展布:有冲积扇、扇三角洲、水下扇、湖底扇、辫状河三角洲和曲流河三角洲等不同沉积相类型^[1,3,6,7]。而对于十屋地区的物源研究较少,营城组沉积时期是否存在三个物源体系,三个物源体系特征如何等问题需要进一步研究。本文拟通过沉积物中岩石碎屑颗粒组分、重矿物组合、砂砾岩展布及地层倾角测井等资料的综合分析,对十屋地区营城组沉积时期的物源体系及其古水流方向进行研究,为十屋地区营城组主力含油层系的沉积相和储层研究提供依据。

1 多物源沉积区的物源体系分析

多物源沉积区是不同类型母岩碎屑物质的混合沉积,各种表征物源特征参数(如碎屑组分含量、重矿物类型、化学元素等)在沉积区的分布往往杂乱无章,尚无明确规律可循,进行物源区带划分难度较大。例如盆地内远离物源区的盆地中心部位沉积物很可能是来自盆地周围的多个物源区,其物源方向的判定难度就远大于靠近物源的盆地周边地区^[8]。

十屋断陷为受控于西部桑树台控盆断裂的西段东超的箕状结构,盆地内部可划分出西部陡坡带、北部斜坡带、中央背斜构造带、东部斜坡带和双龙次凹等五个二级构造带(图1),十屋地区位于中央构造带的中部,南北紧邻东部斜坡带和北部斜坡带,其沉积

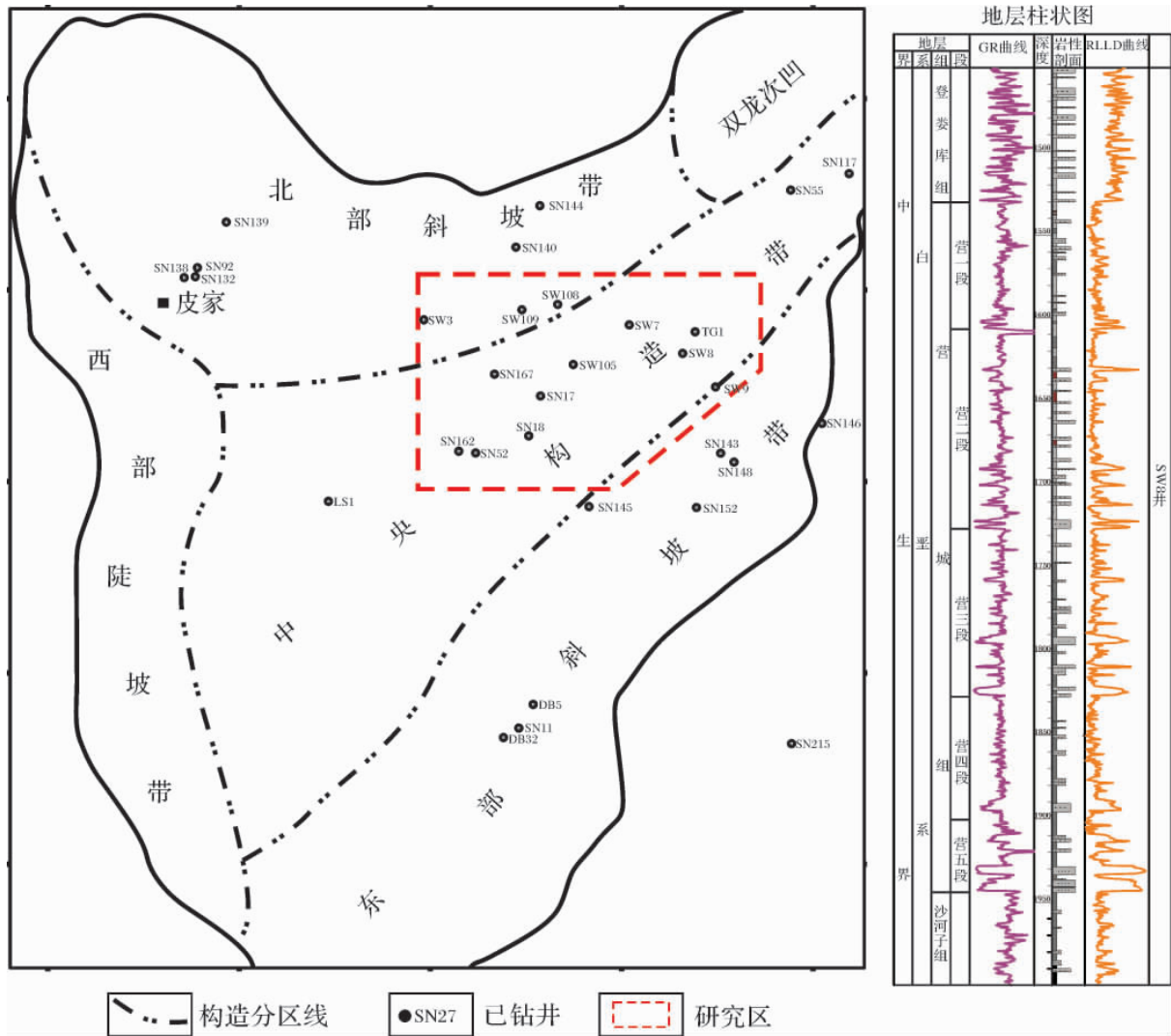


图 1 十屋地区构造位置及地层柱状图

Fig. 1 Tectonic location map and stratigraphic column of Shiwu area

可能受北部、东部等物源体系影响^[2,6,7]，属于多物源体系控制下的混源沉积。为此，根据研究区地质资料丰度和分布，重点选择了碎屑岩中碎屑颗粒组分，主要包括石英、长石等轻矿物、岩屑、重矿物等，采取数学统计聚类分析的方法^[9]，对多物源体系控制下的不同来源物质组分进行分离，进而确定各物源体系分布及其古水流方向。

1.1 碎屑颗粒组分分析

碎屑岩中的石英(Q)、长石(F)和岩屑(R)是主要的碎屑颗粒组分，来源于母岩风化的产物，能有效地反映物源区母岩性质和沉积物特征^[10,11]。在多物源沉积区，某一时期的沉积物往往是多个物源碎屑物质的混合，不同物源的碎屑物质类型和含量往往存在差异，而且即使来自同一物源的碎屑物质也会由于不

同风化环境或风化期次而存在差异。因此，仅仅通过某一时期内沉积物碎屑颗粒组分的平均类型和平均含量来判断物源得到的只是多物源或多期次沉积的综合特征，并不能将单一物源或单一期次的物源特征区分开来，所以需要先对沉积物的碎屑颗粒组分进行同物源或同时期的分类，然后逐个分析各类碎屑组分特征进而判定物源。以十屋地区 SN167 井营三段样品为例(表 1)，可以发现各样品碎屑颗粒组分的类型和含量在不同深度存在明显差异，因而不能将这些样品做简单的无差别统计。图 2 为对这些样品进行 Q 型聚类分析后得到的相关性图谱，可以发现，所有样品被分成三类：第一类样品中石英含量较低，长石和岩屑含量较高，岩屑类型以岩浆岩为主；第二类样品石英含量较高，岩屑含量较少且主要为岩浆岩和变质

表 1 十屋地区 SN167 井营三段碎屑颗粒组分含量

Table 1 Characteristics of detrital components of the 3rd member in Yingcheng Formation (Well SN167) in Shiwu area

样品号	样品深度 /m	石英含量		岩屑含量 /%		
		/%	长石含量 /%	沉积岩岩屑	岩浆岩岩屑	变质岩岩屑
1	1873.06 ~ 1873.13	25	39	0	36	0
2	1977.00 ~ 1978.00	50	30	0	10	10
3	2004.00 ~ 2007.00	35	35	5	10	15
4	2020.00 ~ 2024.00	40	40	0	12	8
5	2026.00 ~ 2028.00	40	35	0	10	15
6	2029.00 ~ 2033.00	35	35	5	15	10
7	2046.00 ~ 2047.50	40	45	0	5	10
8	2047.78 ~ 2047.80	55	35	0	5	5
9	2048.40 ~ 2048.57	26	41	0	33	0
10	2049.48 ~ 2049.56	26	42	0	29	2
11	2049.78 ~ 2049.91	23	42	0	31	4
12	2055.00 ~ 2057.00	48	22	5	15	10
13	2075.00 ~ 2077.00	60	30	0	5	5

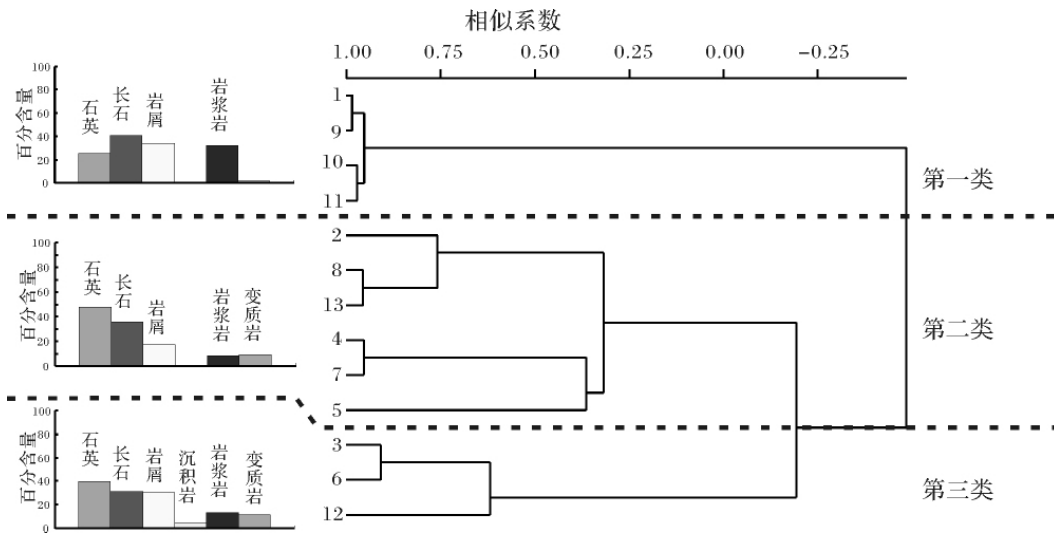


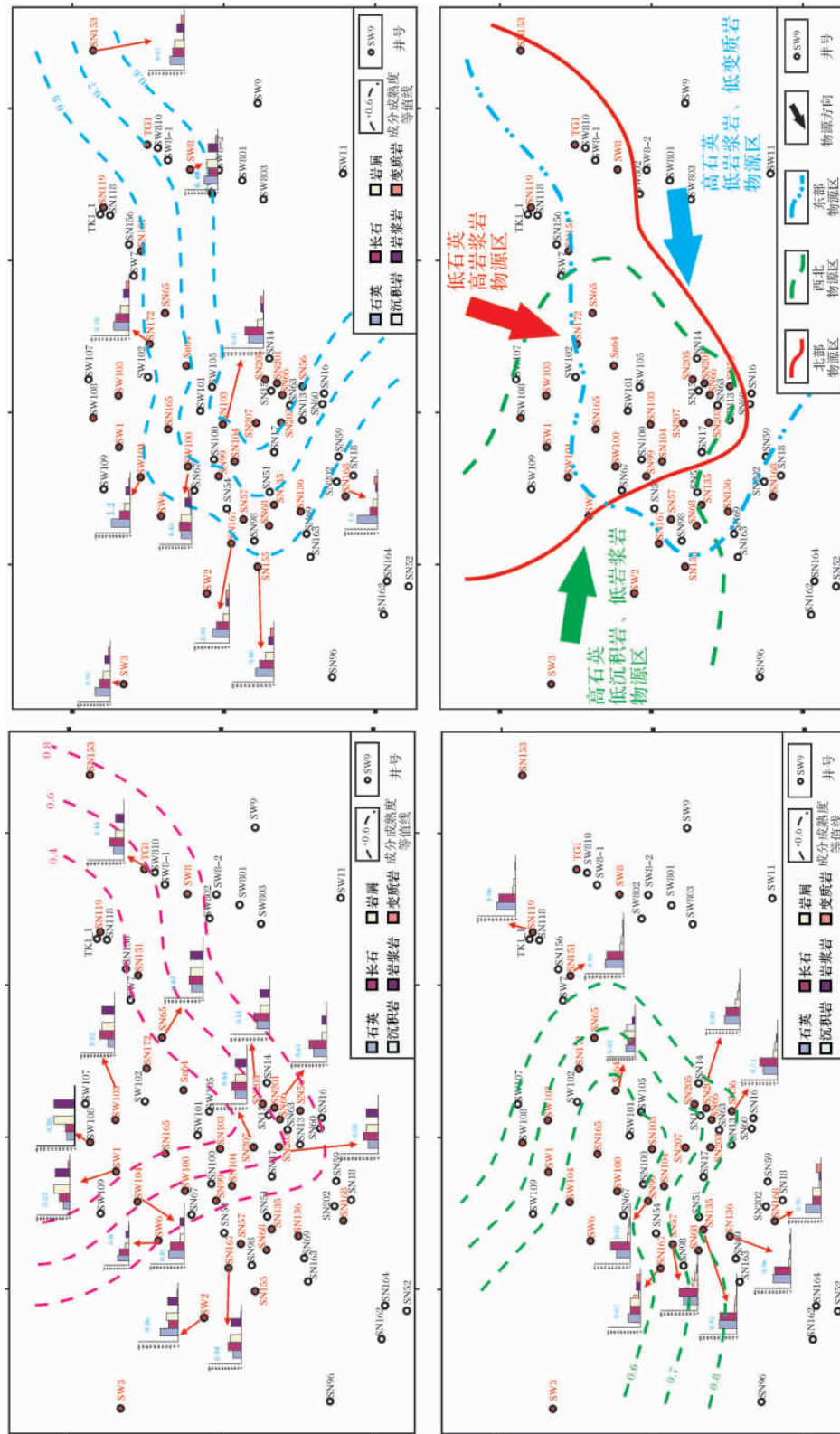
图 2 十屋地区 SN167 井营三段岩石碎屑颗粒组分 Q 型聚类图

Fig. 2 Hierarchy of the Q-mode clustering procedure of detrital components of the 3rd member in Yingcheng Formation in the well of SN167 in Shiwu area

岩岩屑;而第三类样品石英、长石、岩屑含量基本相当,岩屑类型则沉积岩、岩浆岩和变质岩岩屑均有。根据同一物源在同一期次内提供的碎屑物质其碎屑颗粒组分和含量具有一定相似性的原理,由此可说明 SN167 井营三段沉积物可能来自三个不同的物源体系或同一物源体系的不同期次。

按照上述处理方法,对研究区营三段 33 口井的碎屑颗粒组分进行聚类分析,得到不同井不同物源或不同期次下样品的碎屑颗粒组分特征,具有相同碎屑颗粒组分特征的样品归为同一类,可判断其来自同一物源或同一期次物源产物,然后分析同一类样品的成分成熟度 QFR 指数(=Q/(F+R))分布趋势,沿碎

屑物质搬运方向成分成熟度增加,由此便可追溯出物源方向。根据碎屑颗粒组分的类型差异,所有样品可分为三种类型: I 类样品碎屑颗粒组分的石英含量较低,长石和岩屑含量较高,岩屑类型以岩浆岩为主,通过计算各井的成分成熟度可发现,该类型样品成熟度分布呈现自北向南增高的趋势(图 3A); II 类样品石英含量较高,岩屑含量稍低,岩屑以岩浆岩和变质岩岩屑为主,成熟度分布自东南向西北方向增高(图 3B); III 类样品石英和长石含量较高,岩屑含量少,且岩屑类型主要为沉积岩和岩浆岩,偶有变质岩,成熟度分布自西北向东南方向增高(图 3C)。由此可确定十屋地区营三段沉积时期存在三个方向物源体系,分



A. I 类碎屑颗粒组分 QFR 指数等值线图; B. II 类碎屑颗粒组分 QFR 指数等值线图;
 C. III 类碎屑颗粒组分 QFR 指数等值线图; D. 营三段物源分区图
 图 3 十屋地区营三段碎屑颗粒组分 QFR 指数等值线图(A、B、C) 及物源分区图(D)
 Fig. 3 Contour map of QFR index of detrital components(A、B、C) and provenance zoning plan (D) of the 3rd member in Yingcheng Formation in Shiwu area

别是“低石英、高岩浆岩岩屑”的北部物源体系，“高石英、低岩浆岩和变质岩岩屑”的东部物源体系以及“高石英、低沉积岩和岩浆岩岩屑”的西北物源体系。来自这三个方向物源的碎屑物质在研究区大面积交汇(图 3D) 形成该区多物源混源沉积的特征，SN167 井的碎屑颗粒组分类型和含量的多样性也正好说明这一点。

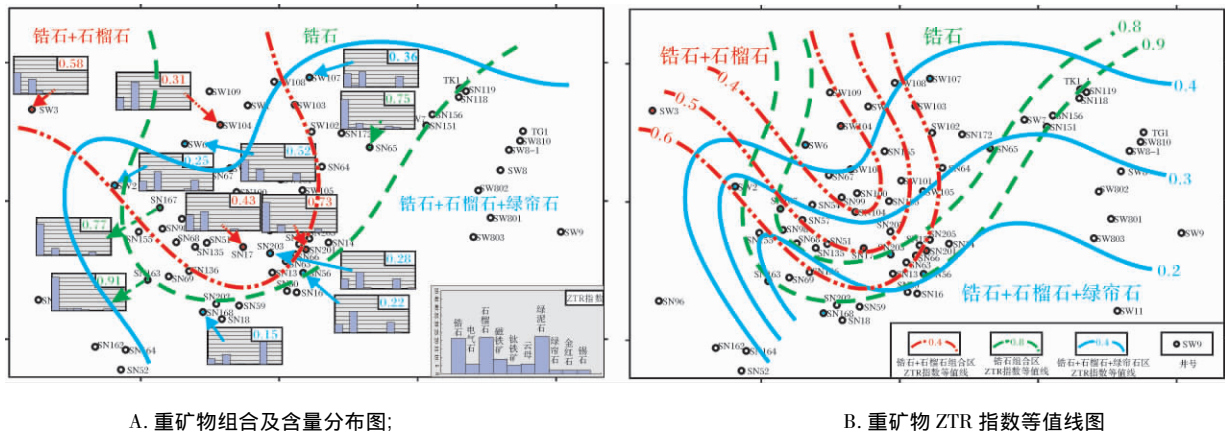
依次对研究区其它层位进行物源分析并对比，发现从营五段至营二段物源方向基本一致，各时期物源体系呈继承性特征，并且同时期不同物源体系间的碎屑物质差异特征也类似。营一段沉积时期物源方向与营二段时期发生改变，“低石英、高岩浆岩岩屑”的物源体系为自南向北，“高石英、低岩浆岩和变质岩岩屑”的物源体系由西南向东北方向，“高石英、低沉积岩和岩浆岩岩屑”的物源仍为西北方向，出现这一现象可能是由于营一段局部地层受剥蚀严重致使样品数量和分布有限，不足以真实反映其物源发育状况，因此还需配合其他方法加以验证。

1.2 重矿物分析

重矿物是指碎屑岩中密度大于 2.86 g/cm³ 的陆源碎屑矿物，由于在成岩过程中的稳定性，其种类和含量特征可指示物源母岩的性质。根据重矿物的稳定性可将其划分为超稳定重矿物，如金红石、锆石、电气石；稳定矿物，如磷灰石、石榴石(少铁)等；中等稳定矿物，如绿帘石、榍石、石榴石(富铁)等等；不稳定矿物，如角闪石、辉石等；超不稳定矿物，如橄榄石^[12,13]。稳定重矿物抗风化能力强，随着搬运距离的增加，稳定重矿物的含量增加，其含量越高，表明沉积物成熟度越高，而不稳定重矿物的含量和种类则逐

渐减少。ZTR 指数是指锆石(Zircon)、电气石(Tourmaline)和金红石(Rutile)三种重矿物的重量之和在透明重矿物中所占的比例。ZTR 指数是判别碎屑岩成分成熟度的一个重要指标。而碎屑岩的成分成熟度反映了碎屑组分所经历的地质作用，因此可以用 ZTR 指数来判定碎屑组分的搬运历史和搬运方向，ZTR 指数增大的方向代表着碎屑物质的搬运方向^[14-16]。

对研究区营三段 13 口井重矿物资料统计，结果表明重矿物类型主要为锆石、石榴石、绿帘石，另有一定含量的磁铁矿、电气石、绿泥石、云母等，反映了多母岩类型、超稳定—中等稳定重矿物的组合特征。由于研究区重矿物资料较少且层位分布局限，重矿物含量和组合特征分布较零散(图 4A)，但总体来说仍可大致划分出 3 个重矿物组合区：即北部的“锆石高含量区”、东部的“锆石+石榴石+绿帘石组合区”以及西北方向的“锆石+石榴石组合区”，其中北部组合区锆石含量高达 70%~80%，其它重矿物含量较少；东部组合区重矿物含量变化大，锆石含量介于 5%~50%，石榴石含量为 15%~50%，绿帘石含量为 20%~60%；西北部组合区锆石含量为 30%~50%，石榴石含量为 35%~70%，其它重矿物含量较少。表明研究区存在三个物源体系，而且从各区重矿物组合的 ZTR 指数看，北部组合区的 ZTR 指数为向南增大的变化趋势，东部组合区 ZTR 指数向西北方向增大，而西北部组合区 ZTR 指数向东南方向增大(图 4B)。如此可以确定十屋地区营三段沉积时期存在北部、东部和西北部三个不同方向的物源体系，各物源物质在研究区中部交汇混合，这与碎屑颗粒组分析得出的



A. 重矿物组合及含量分布图; B. 重矿物 ZTR 指数等值线图
 图 4 十屋地区营三段重矿物分布图 (A) 及其 ZTR 指数等值线图
 Fig. 4 Distribution of heavy minerals (A) and contour map of ZTR index (B) in the 3rd member of Yingcheng Formation in Shiwu area

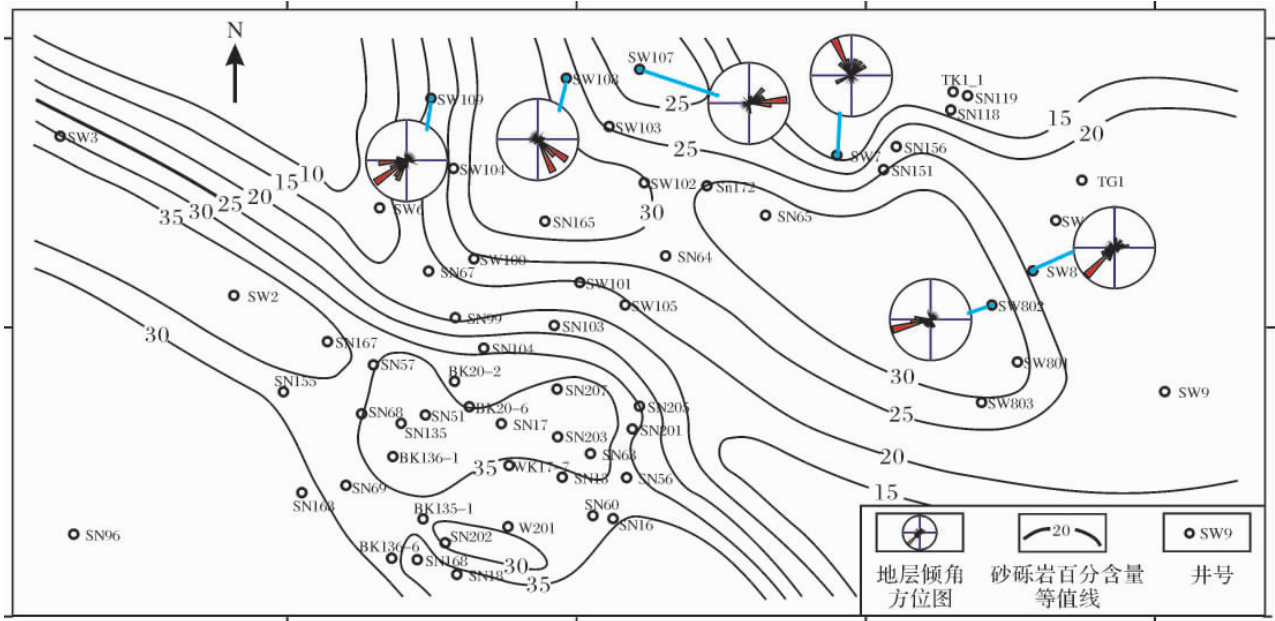


图5 十屋地区营三段砂砾岩百分含量分布图

Fig. 5 Distribution of sand bodies percentage composition of the 3rd member in Yingcheng Formation in Shiwu area

物源交汇区相一致。同样对营城组其它重矿物资料较丰富的层位进行统计分析,结果均表明研究区存在北部、东部和西北部三个方向的物源,各物源在不同时期的重矿物组合特征基本一致。

1.3 砂砾岩百分含量和古水流方向分析

砂砾岩百分含量是判别沉积物来源和沉积体系特征的重要标志^[16],盆地边缘靠近物源区砂砾岩最发育,向盆地内变薄减少,沿古水流方向砂砾岩百分含量降低,其反方向即指示物源方向。

通过对研究区90多口井的岩性统计,绘制了十屋地区各层位的砂砾岩百分含量等值线图。从图5可以看出十屋地区营三段沉积时期存在四个砂砾岩含量高值区,表明可能存在四个物源区。砂砾岩高值呈长条状分布,沿物源方向砂砾岩百分含量降低,在研究区中部由于沉积物发生交汇,在局部地区又形成了砂砾岩高值区。在这四个方向物源中,来自西北部物源和南部物源的沉积体系较为发育,砂岩高值区含量在35%以上,在交汇区SN17井附近砂岩含量可达50%;北部物源居次,砂岩百分含量高值仅30%左右;东部物源无明显高值区,但在SW9井中出现一定含量砾岩,向西则无砾岩沉积,表明东部有碎屑物质供应并向西推进。根据研究区古地貌特征可知东部和南部物源方向均指示同一物源即东部斜坡物源区,这一结果与碎屑颗粒组分和重矿物分析的结论相吻合。还可以发现,这三个物源中以东部物源发育的沉

积范围最广,北部物源和西北部物源沉积范围较局限。

针对利用碎屑颗粒组分法得出的营一段西南方向物源在该时期的砂砾岩百分含量分布图中并无显示,砂砾岩百分含量呈现自东南向西北方向降低,所以其合理解释应是东部斜坡在片物源影响下沿斜坡形成的不同沉积方向。而且研究区北部依旧存在砂砾岩含量高值区,向南砂砾岩百分含量降低,说明营一段仍发育有北部物源,这一结果对上述两种方法做了必要的补充。

利用地层倾角测井中蓝模式能识别出砂岩层理的产状,进而确定古水流方向^[17]。通过绘制各井地层倾角矢量频率图(图5),发现SW107、SW108、SW109显示东南和西南方向古水流,反映这三口井存在以北为主方向的物源;SW8和SW801井显示东西向和南西方向水流,反映了东部物源的存在;虽然SW7井显示为自南向北的古水流方向,正好也说明东部物源向西北方向沉积。所以,地层倾角测井很好的印证了砂砾岩百分含量的古水流方向。

2 十屋地区物源体系特征

十屋断陷由于构造地形特殊,在断陷沉积时期整个盆地范围内存在三个大的物源体系,分别是西部陡坡带物源体系、北部斜坡物源体系区和东部斜坡物源

体系^[6]。而在营城组沉积时期盆地西部为半深湖—深湖沉积区,西部陡坡带物源在西部形成了湖底扇、水下扇沉积^[1,5,7],其碎屑物质难以搬运至中央隆起带;盆地西北部发现有物源供给并在皮家地区成了扇三角洲沉积,该物源的碎屑物质则有可能达到十屋地区^[6,18];盆地北部和东部斜坡物源邻近沉积区,则更可能会对研究区有碎屑物质提供。

结合上述物源分析的结果和十屋断陷区域物源的位置,可以判定十屋地区营城组沉积时期存在有三大物源体系,共存在北部斜坡物源体系、东部斜坡物源体系和西北部物源体系。对比这三大物源体系,可以发现不同物源的母岩类型及其发育的沉积物特征存在明显差异:北部斜坡物源体系碎屑颗粒组分特征为低石英、高岩屑含量,岩屑中以岩浆岩占岩屑绝对优势,重矿物组合以高锆石含量为特征,指示母岩类型以岩浆岩为主,由于研究区紧邻北部物源,成分成熟度低,次稳定重矿物含量多,反映为近物源沉积;东部斜坡物源体系碎屑颗粒组分特征为高石英含量,低岩浆岩、变质岩岩屑含量,重矿物组合为锆石+石榴石+绿帘石,指示物源区母岩类型以岩浆岩和变质岩为主,岩浆岩可能来自火石岭组和沙河子组时期的火山活动,变质岩则来源于盆地的变质岩基底^[2,19]。该物源为成熟度较高的中等距离沉积,且沉积范围较其它两个物源的沉积范围更广;西北部物源的碎屑颗粒组分以高石英含量、低沉积岩和岩浆岩岩屑含量,偶有变质岩岩屑为特点,重矿物组合为锆石+石榴石,指示物源区母岩类型以沉积岩和岩浆岩为主,岩浆岩来自沙河子组时期的火山喷发,沉积岩来源则可能是盆地早期形成的沉积岩。西北部物源的碎屑物质沉积区则反映成分成熟度高、稳定重矿物相对富集的远源沉积特征;

对研究区营城组其它沉积时期物源分别进行分析,对比不同时期的物源体系演化特征发现,从营五段到营一段各时期发育的物源特征基本一致,均存在西北部、北部和东部三个物源体系,后一时期物源体系与前一期物源体系呈继承性关系。综上所述,十屋地区营城组沉积时期共存在北部斜坡物源、东部斜坡物源和西北部物源三大物源体系,三大物源体系共同控制了十屋地区营城组沉积时期砂体的形成和分布,并且形成了“多物源混源沉积、各物源源间存异、各时期继承发育”的沉积特征。

3 结论

运用聚类分析的统计方法,对岩石碎屑颗粒组分

进行先划分物源类别,再确定物源方向的主要方法,并结合重矿物 ZTR 指数、砂砾岩百分含量分布和地层倾角等物源分析资料,对具有多物源混源沉积特点的十屋地区营城组物源体系进行了综合分析,认为研究区营城组沉积时期在盆地内存在三大物源体系,分别是北部斜坡物源体系、东部斜坡物源体系和西北方向的西北物源体系,其中北部斜坡物源体系母岩类型以岩浆岩为主,紧邻沉积区形成低成熟度的近源沉积特征;东部斜坡物源体系母岩类型以岩浆岩和变质岩为主,离沉积区较远,形成成熟度中等、超稳定—中等稳定重矿物富集的中远距离沉积特征;西北部物源体系母岩类型以沉积岩和岩浆岩为主,其碎屑物质经长距离搬运形成高成熟度、超稳定重矿物富集的远源沉积特征。三个方向物源的碎屑物质在研究区发生大面积交汇,其中以东部斜坡物源发育的沉积范围较广,它们共同控制了十屋地区营城组沉积时期砂体的形成和分布,并且形成了“多物源混源沉积、各物源源间存异、各时期继承发育”的沉积格局。

参考文献(References)

- 唐黎明. 松辽盆地十屋断陷沉积特征与油气前景[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2002, 32(4): 345-348 [Tang Liming. The sedimentary characteristics and hydrocarbon potential of Shiwu fault basin, Songliao basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2002, 32(4): 345-348]
- 张玉明. 松辽盆地南部十屋断陷北部深层油气成藏条件[J]. 石油天然气学报: 江汉石油学院学报, 2006, 28(3): 53-56 [Zhang Yuming. Conditions of hydrocarbon accumulation of deep reservoirs in the north of Shiwu fault depression in the south of Songliao Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2006, 28(3): 53-56]
- 刘福春, 王德海. 松辽盆地东南隆起区十屋断陷油气聚集规律[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(2): 14-17 [Liu Fuchun, Wang Dehai. Oil-gas accumulation rules of Shiwu fault depression in the southeast uplift area of Songliao basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2001, 8(2): 14-17]
- 杨立英, 李瑞磊, 张江涛, 等. 松辽盆地南部十屋断陷构造特征研究[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(3): 775-779 [Yang Liying, Li Ruilei, Zhang Jiangtao, et al. Study of structural character with seismic data in Shiwu Fault Depression in the south of Songliao basin[J]. Progress in Geophysics, 2005, 20(3): 775-779]
- 高东. 十屋断陷含油气系统及勘探潜力分析[J]. 石油物探, 2004, 43(2): 196-201 [Gao Dong. Petroleum system in Shiwu fault depression and analysis of exploration prospect[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2004, 43(2): 196-201]
- 解习农. 松辽盆地梨树凹陷深部断陷沉积体系及层序地层特征[J]. 石油实验地质, 1994, 16(2): 144-150 [Xie Xinong. The characters of the depositional systems and sequence stratigraphy of the deep

- fault down depression in the Lishu depression of the Songliao basin[J]. *Experimental Petroleum Geology*, 1994, 16(2): 144-150]
- 7 王果寿. 松辽盆地十屋—德惠地区沉积体系特征[J]. *石油天然气地质*, 2001, 22(4): 331-336 [Wang Guoshou. Characteristics of sedimentary system in Shiwu-Dehui area, Songliao basin[J]. *Oil and Gas Geology*, 2001, 22(4): 331-336]
 - 8 王昌勇, 郑荣才, 王海红, 等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区长6油层组物源区分析[J]. *沉积学报*, 2008, 26(6): 933-938 [Wang Changyong, Zeng Rongcai, Wang Haihong, et al. Provenance analysis of Chang-6 oil reservoir set in Jiyuan area in Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(6): 933-938]
 - 9 武法东, 任永潮, 阮小燕, 等. 重矿物聚类分析在物源分析及地层对比中的应用——以东海陆架盆地西湖凹陷平湖地区为例[J]. *现代地质*, 1996, 10(3): 397-403 [Wu Fadong, Ren Yongchao, Ru-an Xiaoyan, et al. Application of heavy minerals cluster analysis to study of clastic sources and stratigraphic correction [J]. *Geoscience*, 1996, 10(3): 397-403]
 - 10 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 [Wang Zhengjiang, Chen Hongde, Zhang Jingquan. The research and prospect in provenance analysis[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2000, 20(4): 104-110]
 - 11 闫义, 林舸, 王岳军, 等. 盆地陆源碎屑沉积物对源区构造背景的指示意义[J]. *地球科学进展*, 2002, 17(1): 85-90 [Yan Yi, Lin Ge, Wang Yuejun, et al. The indication of continental detrital sediment to tectonic setting [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(1): 85-90]
 - 12 曾允孚, 夏文杰. *沉积岩石学* [M]. 北京: 地质出版社, 1986 [Zeng Yunfu, Xia Wenjie. *Sedimentary Petrology* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986]
 - 13 姜在兴. *沉积学* [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003 [Jiang Zaixing. *Sedimentology* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003]
 - 14 李珍, 焦养泉, 刘春华, 等. 黄骅坳陷高柳地区重矿物物源分析[J]. *石油勘探与开发*, 1998, 25(6): 5-7 [Li Zhen, Jiao Yan-guan, Liu Chunhua, et al. Source analysis of heavy mineral in Gaoliu area of Huanghua depression [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1998, 25(6): 5-7]
 - 15 Morton A C, Hallsworth R. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones [J]. *Sedimentary Geology*, 1999, 124(1): 3-30]
 - 16 何钟铨, 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): 29-30 [He Zhonghua, Liu Zhaojun, Zhang Feng. Latest progress of heavy mineral research in the basin analysis [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2001, 20(4): 29-32]
 - 17 李洪奇. 沉积学研究中的地层倾角测井资料解释[J]. *沉积学报*, 1995, 13(1): 82-87 [Li Hongqi. Interpretation of dipmeter in sedimentological research [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13(1): 82-87]
 - 18 董福湘, 刘立, 何兴华, 等. 松辽盆地南部十屋断陷古构造对营城组扇三角洲发育的控制[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2003, 33(4): 464-468 [Dong Fuxiang, Liu Li, He Xinghua, et al. Constraints on the development of fan deltas of Yingcheng Formation by the Shiwu Fault depression, Southern Song Liao Basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2003, 33(4): 464-468]
 - 19 张玉明, 夏响华, 卢兵力, 等. 松辽盆地南部低渗透油气田勘探技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 1-28 [Zhang Yuming, Xia Xianghua, Lu Bingli, et al. *The Exploration Technique of Low Permeable Oil-Gas Field in the South of Songliao Basin* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 1-28]

Discussion on Provenance Systems in Yingcheng Formation in Shiwu Area of Shiwu Fault Depression, Songliao Basin

CAO Ying-chang¹ ZHOU Lei¹ ZHANG Yu-ming² CHEN Kong-quan² XIE Zheng-xia²

(1. College of Geo-Resources and Information, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266555;

2. Northeast Company, SINOPEC, Changchun 130026)

Abstract Several provenances deposition is the result of mixed deposition of detrital materials that came from different provenances and different types of parent rocks. We may neglect the diversity of different provenances if we simply analyse the indexes that can indicate the characteristic of mother rock by calculating the average value. So we should classify the samples which belong to the same provenance at first, then analyze the direction and characteristics of every provenance.

This article discussed the provenance system characteristics of Yingcheng Formation in Shiwu fault depression by comprehensive analysis of clastic grain combination, heavy minerals combination, sandy conglomerate distribution, dip logging and other materials. Clastic grain combination can indicate parent rock characteristics of the provenance area, and clastic grain maturation can help to distinguish the transportation direction of fragmentary material. The au-

thors determined three kinds of provenances by classification of the same provenance for clastic grain combination materials of all wells in the study area. The samples of the first kind provenance have the characteristics of " low quartz content , high feldspar and cuttings content , and magmatite is the main cuttings type"; the samples of the second kind provenance have the characteristics of " high quartz content , low cuttings content , and magmatite and metamorphic are the main cuttings types"; the samples of the third kind provenance have the characteristics of " quartz , feldspar , and cuttings' contents are nearly the same , and sedimentary and magmatite rock are the main cuttings types". Then the three provenance directions above have been determined , and the result are northern provenance , eastern provenance , and northwest provenance respectively.

Heavy minerals analysis is also one of the methods of study provenance direction and parent rock characteristics. Three heavy minerals combination areas have been identified by heavy minerals content statistics and combination classification of study area. There are " high zircon content area" in the north , " zircon , garnet , and green shade stone combination area" in the east , and " zircon and garnet combination area" in the westnorth. They stand for the three provenance systems , respectively. These areas indicated that there were three provenance systems exist in Yingcheng Formation of Lishu area.

The transport direction and path of detrital material that derived from provenance can be pointed out by analyzing sand bodies distribution characters , and the palaeo-current can be indicated by dipmeter. It were found that there were high content regions of sandy conglomerate in the north , the east and the northwest of the research area , and the direction of sandy conglomerate content declining was the same as the direction of palaeo-current that indicated by dipmeter. The results confirm three provenances which have been identified by analysis all above

After analyzing all above , three provenance systems were identified in Shiwu area of Yingcheng Formation. The mother rock in the northwest provenance system are sedimentary rocks and magmatic rocks , mother rock in northern slope provenance is magmatic rocks and mother rock in eastern slope are magmatic rocks and metamorphic rocks. The forming and distribution of sand bodies in Yingcheng Formation of Shiwu area were jointly controlled by the three provenances all above. Consequently , hybrid sedimentation were formed under the control of " multi-provenance , differences existed between each other provenance , and the characteristics of every provenance were inherited between each phase" in Shiwu area.

Key words provenance analysis; clastic particles component; heavy minerals; palaeo-current; Yingcheng Formation; Songliao Basin