

文章编号: 1009-3850(2007)03-0044-07

吉林省松江盆地下白垩统大砬子组上段 浊积岩沉积特征及地质意义

张 雷, 刘招君, 杨 婷, 杜江峰, 侯 伟, 张 健

(吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要: 松江盆地为一中生代山间沉积盆地, 盆地内大砬子组上段普遍发育浊流沉积。通过对浊积岩体的沉积环境特征、岩性特征、沉积构造特征、粒度结构特征及层序特征等进行研究表明: 发育于盆地扩张时期的大砬子组上段浊积岩具有稳定型浊积岩的沉积特征, 并将其划分为中心微相及边缘微相。应用沉积岩碎屑物质成分对浊积岩进行统计并结合前人的研究成果表明, 大砬子上段沉积时期, 源区构造背景为稳定陆块区, 构造环境较为稳定。大量浊积岩所形成的岩性圈闭可构成良好的储集体。

关键词: 松江盆地; 下白垩统; 大砬子组; 浊积岩; 吉林

中图分类号: P534.53

文献标识码: A

浊积岩在陆相湖泊沉积中极为常见, 并且在不同时代的陆相断陷型湖盆及坳陷型湖盆中均有发现^[1~3]。本文主要对松江盆地下白垩统大砬子组上段浊积岩体的沉积特征进行了详细的研究, 并对浊积岩的成因模式及地质意义进行了初步的探讨。

1 地质背景

1.1 区域构造特征

研究区位于吉林省安图县松江镇—永庆乡一带。松江盆地位于阴山-天山构造带与长白山新华夏系隆起带的交接部位, 东西向展布的两江-和龙构造带内, 南临长白山主峰, 北依牡丹岭, 东靠英额岭, 为中生代沉积盆地, 属延吉盆地群中的一个小型盆地。盆地主体由松江向斜构成, 向斜轴位于松江北部的花腰子-杨木屯一线, 呈波状弯曲, 沿 NEE-SWW 向伸展, 长约 21km。岩层内倾, 两翼倾角一般为 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。盆地内次级断裂构造发育, 主要为与二级构造带伴生的张性、扭性断层(图 1)。

1.2 地层特征

延边地区下白垩统大砬子组非常发育, 盛产丰富的动、植物化石, 被认为是早白垩世的典型层位(1:20万白头山幅)。张川波等将延吉群自下而上划分为大砬子组和龙井组, 其中大砬子组归为早白垩世阿普特期, 并分为下部砂砾岩段和上部含油页岩段^[4]。关于大砬子组的具体地质时代归属, 目前较为广泛认同的观点是将其置于早白垩世晚期^[5~8]。松江盆地白垩系主要出露的地层为下白垩统大砬子组及长财组, 未见有龙井组。其中大砬子组作 NEE 向展布。在盆地南部直接不整合覆盖于甲山组变质岩之上, 在北侧、西北与下伏的长财组呈不整合接触, 东部及西南则被新生界玄武岩所覆盖, 与上覆新生代地层为呈不整合接触。

松江盆地大砬子组按照岩性组合明显分为上下两段: 下段为砾岩、砂砾岩段, 主要岩性为黄色含砾砂岩、砾岩夹黄灰色、紫色砂岩和粉砂岩, 厚约 1383m; 上段为砂页岩夹油页岩段, 主要岩性为黄

收稿日期: 2007-01-17

第一作者简介: 张雷, 1982 年生, 硕士, 主要从事石油地质学研究。

资助项目: 吉林油田项目(JLYT-IJS731525)。

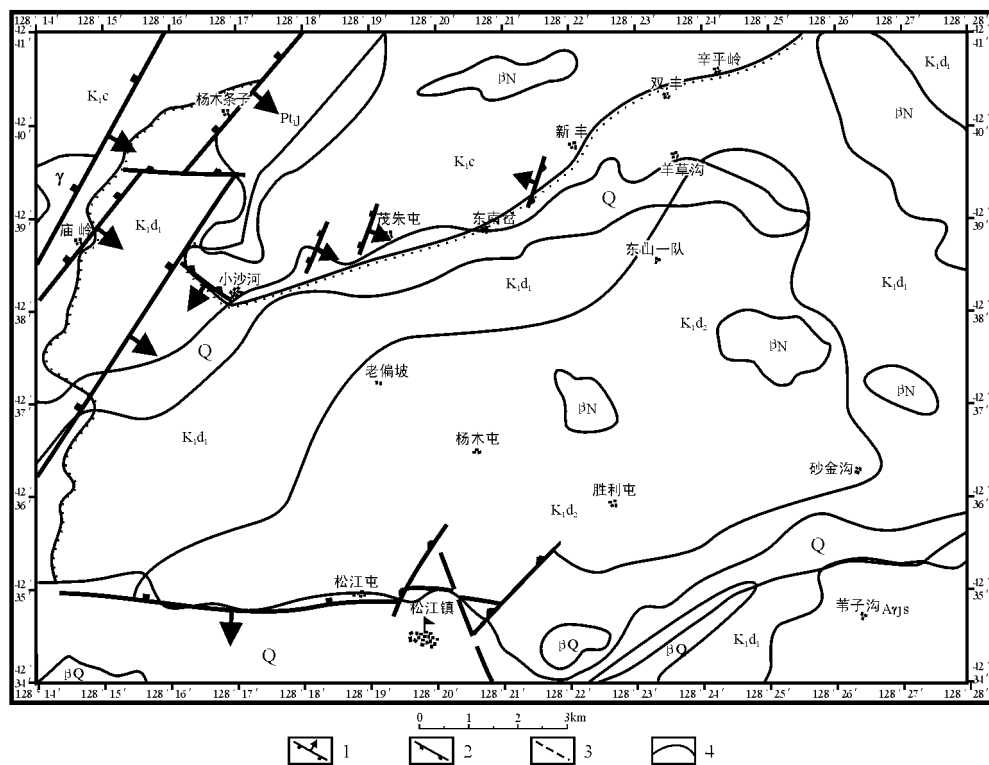


图1 松江盆地地质图

Q. 第四系; β_Q 新近系广坪玄武岩; β_N 新近系张广才岭玄武岩; K_1d 下白垩统大砬子组; K_1c 下白垩统长财组; Pt_1j 古元古界集安群; Arj 太古宇甲山组; γ 海西期花岗岩。1. 逆冲断裂; 2. 扭性断裂; 3. 推测正断层

Fig. 1 Regional geological map of the Songjiang Basin

Q= Quaternary; β_Q = Neogene Guangping basalt; β_N = Neogene Zhangguangcailing basalt; K_1d = Lower Cretaceous Dalazi Formation; K_1c = Lower Cretaceous Changcai Formation; Pt_1j = Palaeoproterozoic Ji'an Group; Arj = Archean Jiashan Formation; γ = Hercynian granite.

1= thrust; 2= wrench fault; 3= inferred normal fault

灰、灰绿色砂岩、粉砂岩、黑色页岩夹黑褐色油页岩, 厚度约为 1466m, 盛产动植物化石(表1)。

2 岩石学特征

2.1 沉积环境特征

与浊积岩共生的是大套半深湖—深湖相的深灰色、灰黑色泥岩、油页岩(页岩)、粉砂质泥岩, 而浊积岩厚度总体相对较薄。

2.2 岩性特征

砂岩以灰色、黄灰色为主, 粒度较细, 以中细粒杂砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩为主, 粗砂岩少见, 未见砾岩。碎屑颗粒多呈次棱角状。岩石类型主要以长石杂砂岩为主, 岩屑长石杂砂岩较少。杂基含量中等, 介于15%~25%之间, 平均含量为20%左右。砂岩碎屑成分中, 石英含量介于40%~58%之间, 长石占含量介于30%~45%之间, 正长石、微斜长石等碱性长石含量大于斜长石含量, 长石的绢云母化和粘土矿化严重。岩屑含量较少, 主要以花岗质岩屑为

主, 含少量硅质岩岩屑。片状矿物以绿泥石为主, 见少量白云母, 片状矿物常见被其它碎屑颗粒压弯变形的现象, 见褐铁矿, 可能为黑云母风化的产物。总体结构成熟度中等, 成分成熟度较低。

2.3 沉积构造及层序特征

通过野外剖面的观察和研究表明, 浊积岩的沉积构造十分丰富。主要发育递变层理、块状层理、平行层理、滑塌变形层理、水平层理及槽模、沟模、砂球砂枕构造、泥岩撕裂块、飘砾、铁质结核等, 含大量碳屑及植物茎干化石碎片, 部分含有大量虫孔及介形虫等生物化石, 虫孔多为垂直及斜交虫孔, 并且在砂岩底部有时可见冲刷面发育, 杨木屯西北还可见到地层的强烈揉皱现象。

研究区内浊积岩典型的 Bouma 序列较为少见, 且常常发育不完全。以松江屯剖面为例(图2), 整个剖面自下而上以主要以 C、D、E 段为主, 厚度较大, 而 A、B 段厚度较小。A 段以中粗砂岩为主, 整体呈递变层理, 底部发育槽模, 见少量虫孔及植物茎

表 1 松江盆地下白垩统地层表

Table 1 Division of the Lower Cretaceous strata in the Songjiang Basin

系	统	组	段	代号	柱状图	岩性描述
白垩系	下统	大砬子组	油页岩段	K_1d^2		黄色中细砂岩、灰绿色泥岩与黑色油页岩、砂质页岩互层；盛产动植物化石，主要有典型三角蚌（ <i>Trigonioides-kodairai</i> ）、上床氏满洲鱼（ <i>Manchu-richthysuwbtkoi</i> ）、葛伯特鲁福德藏（ <i>Ruffordiagoepperti</i> ）、厚叶短叶衫（ <i>Brachyphyllumcrassum</i> ）等。
						黄褐色巨砾岩、含砾粗砂岩夹粉砂岩。
		长财组	上段	K_1c^2		灰黄色砂质页岩、细砂岩局部夹煤层。
			下段	K_1c^1		黄褐色砾岩、含砾粗砂岩夹粗砂岩。

干化石碎片；B 段以细砂岩为主，发育平行层理，见少量虫孔；C 段以粉细砂岩为主，发育滑塌变形层理、砂球砂枕构造，在粉砂质细砂岩中含有直径1～2cm的飘砾；D 段以粉砂岩、粉砂质泥岩为主，发育水平层理，含少量化石，生物扰动强烈；E 段以泥岩、粉砂质泥岩为主，含大量介形虫、鳃瓣类化石及虫孔构造。化石总体的分布符合浊积岩砂体中常含浅水植物化石，而泥岩、页岩中含深水生物化石的特点^[9]。

该区更为常见的浊积岩类型是块状砂岩，有时见少量叠复冲刷砂岩，它们都属于非典型性浊积岩的范畴^[10]。研究区内发育大量层内结构均一的或隐约显示递变层理的块状中厚层中细、中粗粒杂砂岩，其最大厚度有时可达2m 以上，这种块状砂岩夹于灰黑色、深灰色的泥岩、油页岩中，底部有时发育冲刷面，指示了一种重力流水道环境；叠复冲刷砂岩常常表现为“AAA”序，“A”是指一个递变层或一次重力流事件，有时还演变为“ABABAB”序，每一个递变层之上均连续沉积有厚度较薄的发育断续平行层理砂岩^[19]。这两种类型的浊积岩在层序上一般是由块状砂岩逐渐过渡到叠复冲刷砂岩，并且砂岩厚度逐渐增大，粒度逐渐变粗，冲刷-充填构造也越来越发育，反映了浊流事件的逐渐加强和多次浊流事件的叠加。

2.4 粒度结构特征

砂岩的概率累积曲线有三段式和两段式两种主要类型。从形态上看，三段式与两段式的组合特征

与该区的扇三角洲前缘亚相较为相似，但其斜率较低，杂基含量较高(>15%)，悬浮总体含量较高(一般大于20%，最高可达40%以上)，充分反映了浊流递变悬浮的特点(图3)。分选系数 σ_1 介于0.55～0.87之间，分选中等一较好； SK_1 值介于-0.1～0.26之间，绝大多数为正偏态。在C-M图上，浊积岩具典型浊流的特征，即点群平行于C=M线分布(图4)，反映出递变悬浮搬运的特征。最大分选系数 $I_m=1.86\phi$ ，值较小，也反映了浊积岩分选相对较好的特点。

综上所述，发育于盆地扩张期大砬子上段浊积岩，具明显深湖相背景下的浊流的沉积特征。但该区的浊积岩既有一般浊流的沉积特征，同时又有下列自身的特点：

(1) 浊积岩为未见砾岩的一套一以灰色、黄灰色为主的中—细粒砂岩和粉砂岩为主的浊积岩，与扇三角洲沉积共生，并且岩石类型与该区发育的扇三角洲前缘亚相一致，为中细粒长石砂岩及少量岩屑长石砂岩。

(2) 发育于盆地的扩张时期，厚度与规模相对较小，与断陷湖盆等类型的深水巨厚的浊积岩系常与水下泥石流等沉积共生所形成的规模较大的湖底扇层序结构明显不同。

(3) 粒度分布特征上，该区浊积岩杂基含量较小，分选多为中等，少量达到较好，概率累积曲线主要表现为三段式和两段式，与扇三角洲前缘亚相相

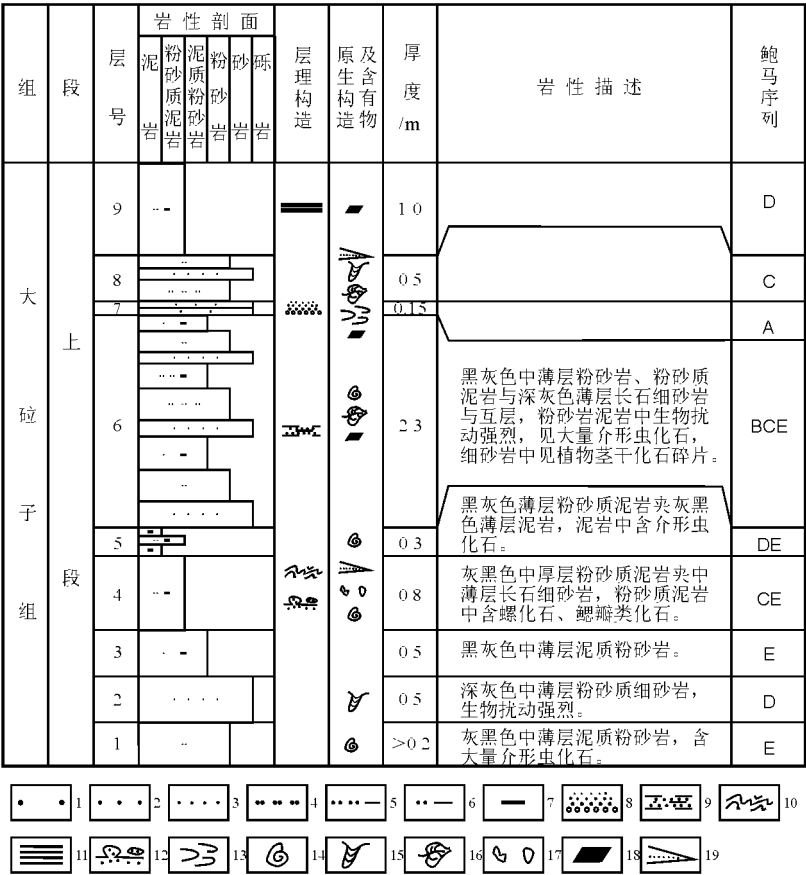


图2 松江盆地松江屯大砬子组上段浊积岩综合柱状图

1. 粗砂岩; 2. 中砂岩; 3. 细砂岩; 4. 粉砂岩; 5. 泥质粉砂岩; 6. 粉砂质泥岩; 7. 泥岩; 8. 递变层理; 9. 平行层理; 10. 滑塌变形层理; 11. 水平层理; 12. 砂球构造; 13. 槽模; 14. 动物化石; 15. 虫孔; 16. 植物化石; 17. 漂砾; 18. 碳屑; 19. 砂质条带

Fig. 2 Generalized column of the turbidites from the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang Basin

1= coarse-grained sandstone; 2= medium-grained sandstone; 3= fine-grained sandstone; 4= siltstone; 5= muddy siltstone; 6= silty mudstone; 7= mudstone; 8= graded bedding; 9= parallel bedding; 10= slump bedding; 11= horizontal bedding; 12= sandball structure; 13= flute cast; 14= faunal fossil; 15= burrow; 16= floral fossil; 17= boulder; 18= carbonaceous fragments; 19= sandy band

似。

(4) 浊积砂体除少数是以稳定的板状或层状与粉砂岩、泥岩互层等呈类复理石建造产出外, 大部分浊积岩砂体都是以块状产出, 有时甚至呈延伸不远的孤立透镜状产出。砂岩底部有时发育充填-冲刷构造, 反映了一种牵引流的特征。

所以, 松江盆地大砬子组上段浊积岩与刘招君等^[1]提出的稳定型浊积岩十分相似, 为一套盆地扩张期形成的浊积岩体。

3 成因及相模式

松江盆地岩相变化较大, 但总体由南向北逐渐变细。通过对大砬子下部砾岩段的展布特征可以看出, 盆地南侧大兴屯至二道一带与老地层接触地段, 均以巨砾岩为主, 夹黄褐色含砾粗砂岩, 在盆地北翼

羊草沟至东南岔一带除砾岩外还有较多的砂岩及粉砂质页岩, 沉积韵律频繁, 沿走向至小沙河一带, 砾级变细, 上部的含油页岩段相变虽然没有下部砂砾岩急骤, 但也有类似的规律, 其中的紫色层在羊草沟剖面前后出现的厚度近百米。向西至东南岔剖面变为以黄褐色, 至小沙河一带逐渐为淡黄色及灰绿色砂岩所代替。油页岩目前仅发现与盆地的中心松江以北一带, 往盆地边缘往往变为黑色页(泥)岩。以上均反映当时盆地边缘东部及南部地形坡度陡峭, 而西部北部略为平缓。

笔者对盆地东南部砂金沟剖面中的浊积岩进行了古水流恢复。通过对浊积岩底部槽模的古水流方向的测定发现, 其古水流方向为230°~250°之间, 表明其物源来自西南部。

结合上述浊积岩特征可以判断, 该区所发育的

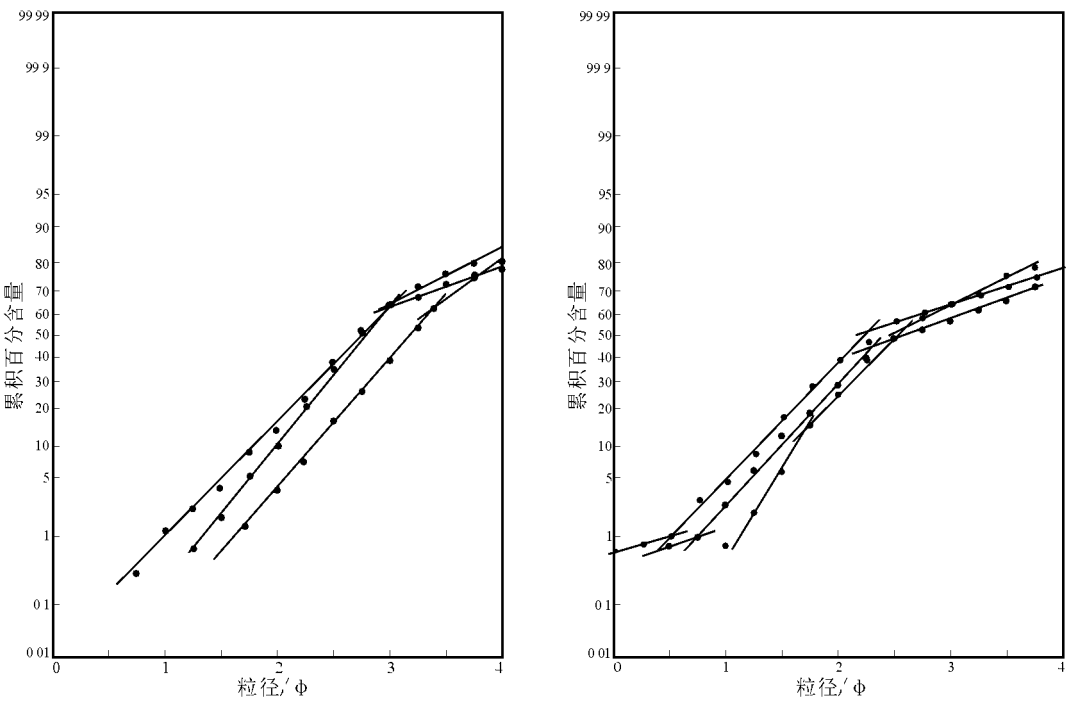


图3 松江盆地大埧子组上段浊积岩概率累积曲线图
(A. 三段式 B. 两段式)

Fig. 3 Grain size probability cumulative curves for the turbidites from the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang Basin
(A. Three-section type; B. Two-section type)

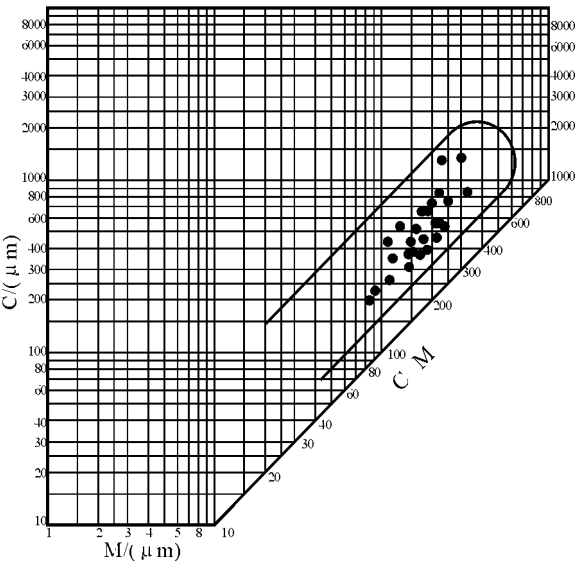


图4 松江盆地大埧子组上段浊积岩 C-M 图

Fig. 4 C-M patterns for the turbidites from the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang Basin

浊积岩显然与南部所发育的扇三角洲沉积体系有关,并且主要分布于扇三角洲前缘的前端。由于扇三角洲前缘在沉积过程中,多以快速的侧向沉积为主,使得沉积物表面倾角不断增加,沉积物在自身重力的作用下,受到地震等其它诱发因素影响下,导致

扇三角洲前缘沉积物向前滑塌,经液化形成浊流,在低洼区沉积下来形成块状、透镜状的浊流砂体^[10,11]。与正常湖底扇相比,因其物源来自于扇三角洲前缘,所以分选相对较好,但由于这种物源条件为线物源,所以浊积岩的规模较小;由于盆地南部及东南部地形坡度较陡,一般不容易形成固定的补给水道,主要产生了多个“无根式”的浊积岩砂体,无法划分出内扇、中扇、外扇等相带,一般主要划分为中心微相和边缘微相两个相带^[12,13]。其中中心微相的岩石类型以中细、中粗、粉细砂岩为主,以发育递变层理、块状层理、平行层理、滑塌变形层理为主的鲍马序列的“AAA”、“ABABAB”、“ABC”段为主,概率累积曲线以三段式为主;而边缘微相以暗色泥岩、粉砂质泥岩为主,以发育水平层理、块状层理的CDE、CE、DE段为主,概率累积曲线以两段式为主。

4 地质意义

沉积体的沉积作用及其物质成分与所在盆地的构造环境及其活动性有着内在的统一性,同沉积作用的构造活动及与之相关的特定构造源区是控制沉积作用的根本因素^[14]。Dickinson等^[15,16]利用采自各种构造环境的砂岩进行成分统计分析,绘制Q-F-L、Qm-F-Lt三端元模式图,分析沉积环境效果较好。

笔者对松江盆地大砬子组上段浊积岩剖面及南部扇三角洲露头砂岩进行了取样,并采用薄片物质成分统计绘制了Q-F-L、Q_m-F-Lt三端元图解(图5)。结果表明,所有大砬子组上段骨架颗粒成分均落入稳定陆块区,并主要落入了隆升基底及隆升基底与稳定克拉通之间的过渡型区域内,由于岩屑的主要成分为花岗质,这表明大砬子组上段时期松江盆地南部物源区主要来自周缘隆起的老山。从岩性及沉积特征来看,大砬子组下段砂砾为大套厚层黄色含砾砂岩、砾岩夹黄灰色、紫色砂岩和粉砂岩的山麓冲积扇相沉积环境的产物,上段为主要岩性为黄灰、灰绿色砂岩、粉砂岩、黑色页岩夹黑褐色油页岩的扇三角洲、湖泊相沉积环境的产物,表明大砬子组由下段—上段的演化反映了其沉积环境越来越稳定,这与Dickinson图解中大量点落入了过渡区,其构造环境稳定性增强也相符合。

结合区域地质资料及研究结果^[17~19]可知,松江盆地大砬子组完全可与河北北部地区的青石砬组及辽宁西部地区的孙家湾组对比,在该时期上述地区和松江盆地都处于燕山运动的造山后期,其构造运动属燕山运动(第Ⅲ幕)范畴,但其运动强度大为减弱,并且趋于稳定,在这种背景下形成了一套稳定型的浊积岩。在早白垩世造山运动趋于结束后,上述地区及松江盆地进入了造山期后演化阶段,在白

垩纪末期—古近纪初期的挤压作用使得盆地内先前沉积的大砬子组地层发生褶皱,并且形成了一系列次级的逆冲断层及张性、扭性断层,这与区域地质资料论述也相一致。

湖相浊流沉积与油气的形成和储集有着密切的关系,这在我国中生代陆相盆地中已得到证实。作为储集层的浊积岩由于深入深湖腹地,可与烃源岩直接接触,并充分吸取烃源岩提供的油气,加之有泥岩作盖层,因此常具有良好的生、储、盖组合^[20]。松江盆地大砬子组上段沉积时期处于拗陷期,半深湖—深湖相沉积发育,属于区域性生油岩。其泥质岩中有机质丰富,油页岩中有机碳含量最高可达9.47%,有机碳平均含量达6.58%^[21],有机质干酪根类型以腐泥型—腐殖腐泥型,属于良好的生油岩,加之大量的浊积砂体伸入到该套暗色泥质岩中,因此其具有很好的储集条件,大量叠复在一起的浊积砂体亦会形成具较大规模和厚度的岩性圈闭,在构造等其他因素的配合下,可形成良好的储集体。

5 结 论

(1) 发育于盆地扩张时期的大砬子组上段浊积岩,具有稳定型浊积岩的沉积特征;源区构造背景为稳定陆块区,构造环境较为稳定。

(2) 根据浊积岩发育特征,可将其划分为中心微

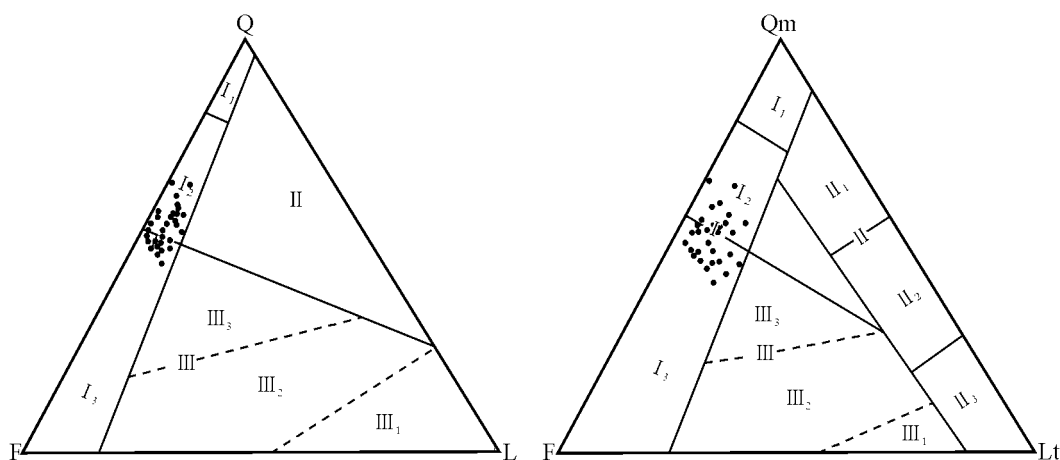


图5 松江盆地大砬子组上段Q-F-L三端元图(A)和Q_m-F-Lt三端元图(B)

I. 稳定陆块区: I₁. 克拉通内部; I₂. 过渡型; I₃. 隆升基底; II. 再旋回造山带; II₁ 石英质; II₂ 过渡型; II₃ 岩屑质; III. 岩浆弧物源区; III₁ 未切割弧; III₂ 过渡型; III₃ 切割弧; IV. 混合区

Fig. 5 Q-F-L diagram (A) and Q_m-F-Lt diagram (B) for the turbidites from the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang Basin

I = stable continental mass; I₁ = intracratonic; I₂ = transitional; I₃ = uplifted basement; II = recyclic orogenic zone; II₁ = quartzose; II₂ = transitional; II₃ = lithic; III = magmatic arc; III₁ = undissected arc; III₂ = transitional; III₃ = dissected arc; IV = mixed field

相及边缘微相。

(3) 大粒子上段半深湖—深湖相暗色泥质岩中含有丰富的有机质, 其中大量的浊积岩所形成的岩性圈闭可构成良好的储集体。

参考文献:

- [1] 刘招君, 王东坡, 何起祥. 攀西地区上三叠统湖泊相浊积岩特征及其地质意义[A]. 张云湘, 等. 中国攀西裂谷文集[C]. 北京: 地质出版社, 1985. 298—306.
- [2] 吴崇筠, 李纯菊. 断陷盆地中的浊积岩[A]. 中国石油学会石油地质委员会, 等. 碎屑岩沉积相研究[C]. 北京: 石油工业出版社, 1988. 1—17.
- [3] 李祯, 温显瑞, 周慧堂, 等. 鄂尔多斯盆地东缘中生代延长组油流沉积的发现与意义[J]. 现代地质, 1995, 9(1): 99—107.
- [4] 张川波. 吉林省延吉盆地早白垩世中晚期地层[J]. 长春地质学院学报, 1986, (2): 15—27.
- [5] 孙革, 郑少林. 中国东北中生代地层划分对比之新见[J]. 地层学杂志, 2000, 24(1): 60—64.
- [6] 黄嫫, 张光富. 吉林延边智新盆地大粒组孢粉组合[J]. 微体古生物学报, 2002, 19(3): 263—275.
- [7] 陶君容, 杨永. 吉林延边早白垩世大粒组植物化石新类型——星学异麻黄[J]. 古生物学报, 2003, 42(2): 208—215.
- [8] 张光富. 中国吉林大粒组的时代探讨[J]. 微体古生物学报, 2005, 29(3): 263—275.
- [9] 饶孟余, 钟建华, 赵志根, 等. 油流沉积研究综述和展望[J]. 煤

田地质与勘探, 2004, 32(6): 1—5.

- [10] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. 357—374.
- [11] 赵澄林, 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. 275—281.
- [12] 严进荣, 陈东, 郭勤涛, 等. 洼陷中浊积岩沉积特征及油气富集规律研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(3): 19—25.
- [13] 饶孟余, 钟建华, 郭泽清, 等. 济阳拗陷牛庄洼陷沙三段三角洲前缘浊积岩特征[J]. 高校地质学报, 2004, 10(4): 624—633.
- [14] 杨宝忠, 夏文臣, 杨坤光. 吉林中部地区二叠纪岩相古地理及沉积构造背景[J]. 现代地质, 2006, 20(1): 61—68.
- [15] DICKINSON W R, SUCZEK C A. Plate tectonics and sandstone compositions[J]. AAPG Bulletin, 1979, 63: 2164—2182.
- [16] DICKINSON W R. Interpreting provenance relations from detrital mode of sandstone[A]. Zuffa G G. Provenance of Arenites[C]. Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1985. 333—361.
- [17] 马寅生, 崔盛芹, 曾庆利, 等. 燕山地区燕山期的挤压与伸展作用[J]. 地质通报, 2002, 21(4—5): 218—223.
- [18] 郭华, 刘红旭, 王润红. 燕山板内造山带中生代构造演化特征[J]. 铀矿地质, 2003, 19(2): 65—80.
- [19] 邓晋福, 赵国春, 苏尚国, 等. 燕山造山带燕山期构造叠加及其大地构造背景[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(5): 157—165.
- [20] MIDDLETON G, HAMPTON M A. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows[A]. Stanley D J. Marine Sediment Transport and Environment Management[C]. New York: Wiley, 1976. 197—218.
- [21] 张雷, 刘招君, 杜江峰, 等. 吉林省松江盆地白垩统大粒组油页岩特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(6): 996—1000.

Turbidites from the upper member of the Lower Cretaceous Dalazi Formation in the Songjiang Basin, Jilin and their geological implications

ZHANG Lei, LIU Zhao-jun, YANG Ting, DU Jiang-feng, HOU Wei, ZHANG Jian

(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China)

Abstract: The Songjiang Basin, Jilin is a Mesozoic intermountain basin where the turbidity current deposits are widespread in the upper member of the Lower Cretaceous Dalazi Formation. In terms of sedimentary environment, lithology, sedimentary structure, grain size and sequence, the turbidites in the upper member of the Dalazi Formation generated during the spreading phase of the basin are typical of stable turbidites, and may be discriminated into central microfacies and marginal microfacies. The tectonic setting of the source area belongs to the stable continental masses during the deposition of the upper member of the Dalazi Formation. The lithologic traps formed by the turbidites may be considered as excellent reservoirs.

Key words: Songjiang Basin; Lower Cretaceous; Dalazi Formation; Turbidite; Jilin