

# 吉林松江盆地大拉子组上段油页岩特征 及成矿机制

杜江峰<sup>1</sup> 刘招君<sup>1</sup> 张 健<sup>2</sup> 张 雷<sup>1</sup> 贺君玲<sup>3</sup> 任玉学<sup>3</sup> 王建东<sup>3</sup>

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 中国地质调查局沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110004;  
3. 中国石油吉林油田公司勘探开发研究院, 吉林 松原 138000)

**摘要:**吉林省延边地区早白垩世大拉子组上段地层以含油页岩为特征。松江盆地大拉子组上段油页岩呈灰褐色或灰黑色, 表现为纸片状和致密块状。有机质类型为腐泥型-腐殖腐泥型, 含油率为 3.8%~6.2%。大拉子组上段发育 7 个含油页岩层位, 2 号层和 7 号层为具有工业开采价值的矿层, 产状不稳定, 自东向西、由南向北累计厚度增大。致密块状油页岩发育于松江向斜轴部杨木屯地区、向斜北翼的老偏坡—东山一线, 纸片状油页岩见于向斜南翼的杨木屯—松江镇北以及胜利屯一带。大拉子组上段地层可划分为两个三级层序, 2 号和 7 号油页岩矿层皆为半深湖—深湖成因, 分别形成于层序 I、层序 II 的高位体系域时期。湖水分层稳定、藻类勃发、半深湖—深湖长期滞水缺氧的还原环境、有机质有效聚集保存有利于油页岩成矿, 频繁发育的重力流湖泊水下扇沉积则不利于成矿。

**关键词:**油页岩; 大拉子组上段; 矿层; 藻类勃发; 重力流; 松江盆地

**中图分类号:** P618.12      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2008)01-0079-09

油页岩是一种富含有机质、高灰分的固体可燃有机矿产, 含油率一般大于 3.5%, 低温干馏可提炼页岩油。作为一种重要的非常规油气资源, 油页岩资源丰富且储量巨大, 具有极高的综合开发利用价值, 在提供动力燃料、热电和化工等方面发挥较大的作用<sup>[1]</sup>。中国油页岩资源丰富, 按油页岩资源探明储量统计, 位居世界第四位。2004—2006 年中国首次开展的“全国油页岩资源评价”工作表明, 全国油页岩资源主要分布在 22 个省区、47 个盆地和 80 个含矿区。其中, 吉林省是中国油页岩资源最为丰富的地区, 其查明资源储量约占全国油页岩查明资源储量的一半以上, 综合利用开发潜力巨大, 引起了国内外各方面的广泛关注<sup>①</sup>。

吉林省延边地区早白垩世大拉子组地层非常发育, 为一套含油页岩的陆相碎屑岩沉积, 盛产丰富的动植物化石, 被认为是早白垩世的典型层位<sup>[2-3]</sup>。关

于大拉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<sup>[3-4]</sup>。按照岩性组合特征, 大拉子组明显分为上下两段: 下段为砾岩、砂砾岩段, 以黄色、黄褐色砾岩、含砾砂岩为主, 夹粉砂岩和泥岩; 上段为含油页岩段, 由黑色页岩、黄灰或灰绿色砂岩夹黑灰、灰褐色油页岩。大拉子组下段总体为山麓洪积—冲积相, 上段则为静水湖泊相, 广泛分布于延吉、和龙、松江、图们等盆地<sup>[5]</sup>。

## 1 区域地质背景

松江盆地位于吉林省延边州安图县松江镇—永庆乡一带, 地貌属低山—丘陵地带, 地势大体呈东高西低。该盆地地质研究程度较低, 解放前日伪时期, 仅日本学者西田彰一对松江地区的含煤层位做过调查。解放后至今, 东北煤田部门、吉林省地质部门等单位在区内进行了大量的基础地质工作, 建立了松

收稿日期: 2007-05-24; 改回日期: 2007-07-20

基金项目: 国家重大专项(ZP-Y-01)、国家自然科学基金项目(40672075)及中石油吉林油田项目(JLYT-05-01-JS-73-1525)联合资助。

作者简介: 杜江峰, 男, 1979 年生, 博士生, 主要从事沉积学与层序地层学, 油气资源勘探研究; E-mail: jiangf\_du@sina.com。

①刘招君, 董清水, 叶松青, 等. 全国油页岩资源评价研究报告, 2005。

江盆地的地层层序, 确定了各地层单元时代及其分布情况<sup>[6]</sup>。

松江盆地为一断拗型山间盆地, 白垩纪大拉子组沉积时期表现为拗陷型沉积盆地<sup>[7]</sup>。根据其构造行迹及展布特征, 盆地主体由松江向斜构成, 向斜轴位于松江北部的杨木屯、花腰子一线, 沿 NEE-SWW 向伸展并呈波状弯曲, 长约 21 km。两翼岩层内倾, 倾角一般为 10~30°。盆地内次级断裂构造发育, 主要有近东西向的二道江逆冲断裂及其与之伴生的张性、扭性断层(图 1)。

松江盆地基底岩性主要为太古宙甲山组变质岩, 出露于盆地边缘; 盖层主要由早白垩世长财组以及大拉子组构成, 分布于盆地中部。其中大拉子组呈 NEE 向展布, 面积达 350 km<sup>2</sup>。在盆地东南部直接不整合于甲山组变质岩之上。在北侧、西北与其下伏的长财组为不整合接触, 东部及西南被新生界玄武岩或第四系所覆盖, 故出露不完整(图 1)。大拉子组下段为砾岩、砂砾岩段, 岩性主要为黄色含砾砂岩、砾

岩夹黄灰色、紫色砂岩和粉砂岩, 厚约 1384 m。大拉子组上段为含油页岩段, 岩性为黄灰、灰绿色粉砂岩、黑色页岩夹灰褐、黑灰色油页岩, 厚约 790 m, 产动植物化石<sup>[5-6]</sup>。

虽然前人<sup>[4-6]</sup>已对松江盆地的基础地质、矿产资源进行了较多工作并取得了有益的成果与认识, 但尚未开展过盆地内大拉子组上段油页岩特征及其成矿规律方面的研究, 笔者拟从松江盆地油页岩的宏观特征、有机组分和赋存形态方面针对上述问题研究, 探讨其形成沉积环境及成矿机制, 并建立研究区油页岩的成矿模式。

## 2 油页岩特征

### 2.1 质量特征

松江盆地大拉子组上段油页岩一般呈灰褐-黑灰色, 表现为纸片状和致密块状两种类型。其中, 纸片状油页岩风化后呈青灰-浅灰色, 卷曲略有弹性, 易破碎(图版 1-1); 致密块状油页岩用钢刀刮之表面

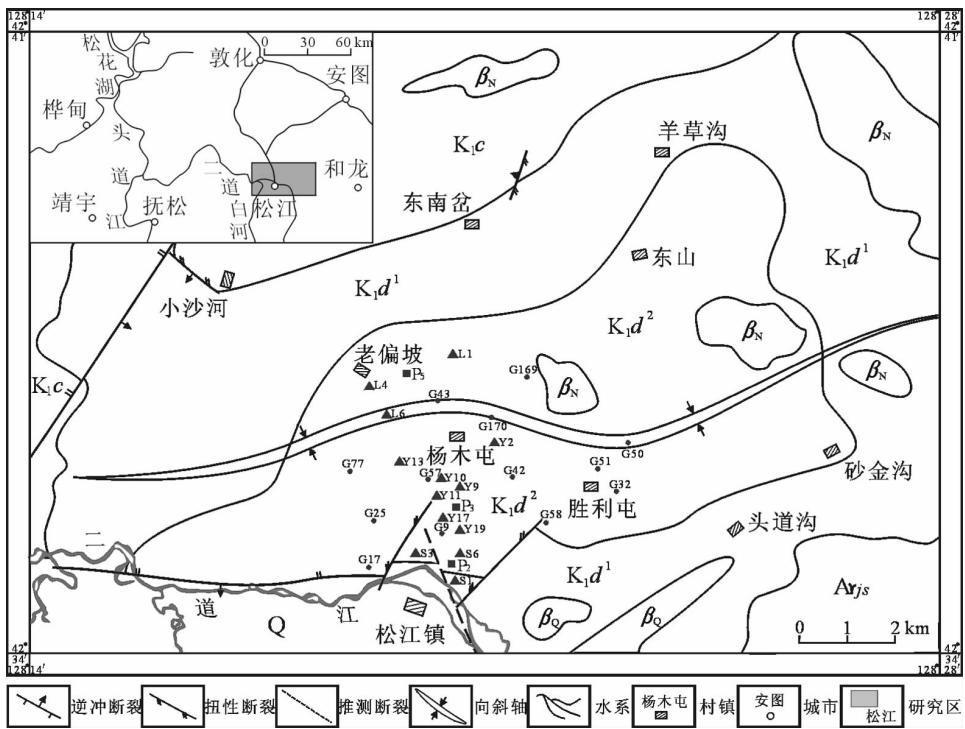


图 1 松江盆地野外剖面位置及构造纲要图

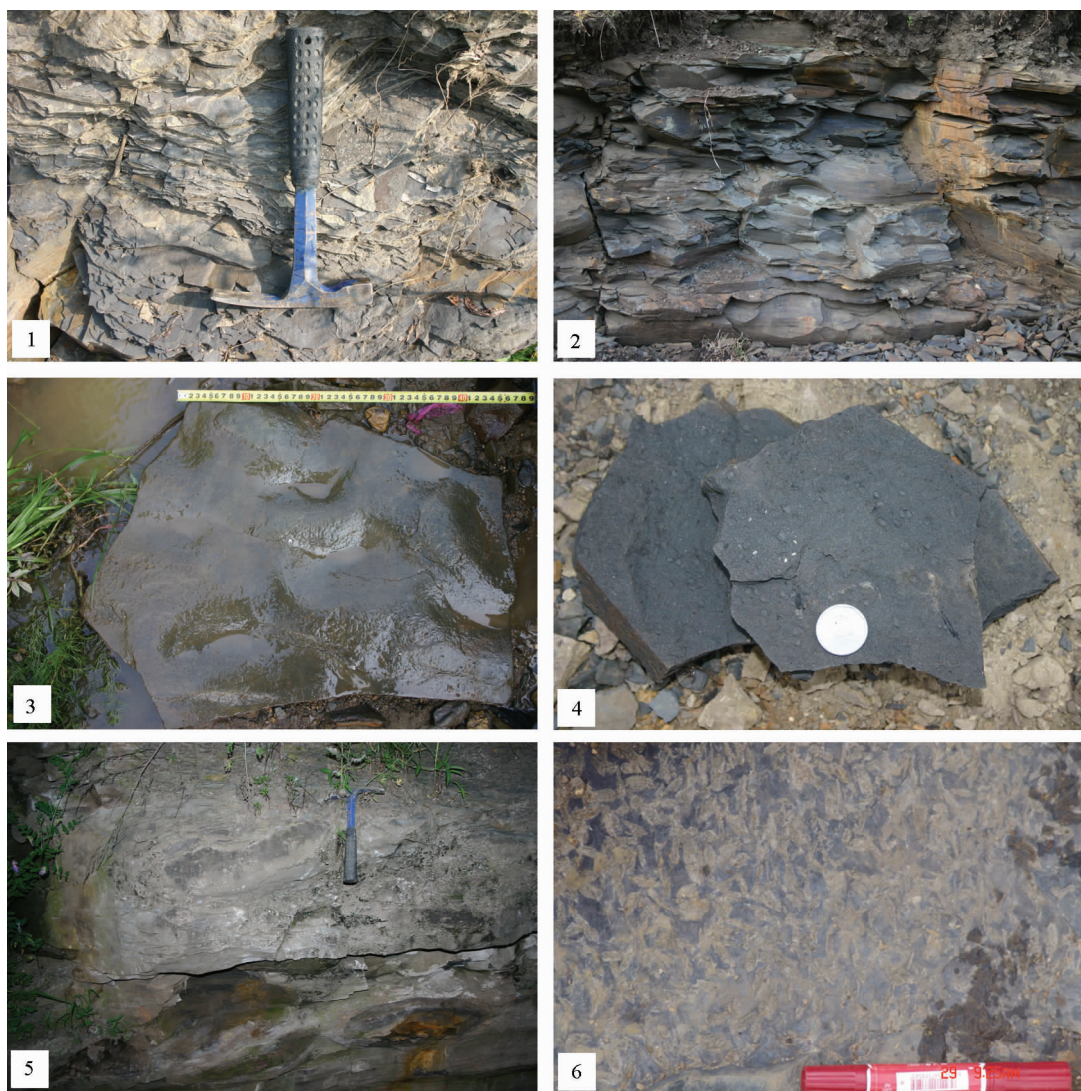
Q—第四系;  $\beta_Q$ —广坪玄武岩;  $\beta_N$ —张广才岭玄武岩;  $K_{1d}^2$ —大拉子组上段;  $K_{1d}^1$ —大拉子组下段;  $K_{1c}$ —长财组;  $Ar_{js}$ —甲山组;  $P_5$ —实测剖面及编号; G77—观测点及编号; Y11—探槽及编号

Fig.1 Location map of field sections and structural framework in Songjiang basin

Q—Quaternary;  $\beta_Q$ —Guangping basalt;  $\beta_N$ —Zhangguangcai Mountain basalt;  $K_{1d}^2$ —Upper Member of the Dalazi Formation;  $K_{1d}^1$ —Lower Member of the Dalazi Formation;  $K_{1c}$ —Changcai Formation;  $Ar_{js}$ —Jiashan Formation;  $P_5$ —measured section and its number; G77—observation point and its number; Y11—prospecting trench and its number



图版 I



1—黑灰色中薄层纸片状油页岩,风化后呈青灰色,页理发育,半深湖—深湖亚相;2—灰褐色致密块状油页岩夹黑灰色中厚层泥岩、粉砂质泥岩,发育水平层理,半深湖—深湖亚相;3—黄灰色长石岩屑中粗砂岩,见递变层理,砂岩底面发育槽模,水下扇中扇瓣状沟道微相;4—黑灰色薄层泥质粉砂岩夹黑灰色炭质泥岩、粉砂质泥岩,含头足类和介形虫化石、植物化石残片及炭屑,见水平层理,发育鲍玛序列 DE 段,水下扇外扇典型浊积岩微相;5—黑灰色中层泥质粉砂岩、炭质泥岩夹薄层油页岩及黄灰色长石岩屑细砂岩透镜体,见滑塌构造、砂球砂枕构造、变形层理及包卷层理,发育鲍玛序列 CDE 段、CD 段,

水下扇中扇瓣状沟道间微相;6—黄灰色含火山碎屑凝灰质粉砂岩,层面上见丰富的低等生物残体化石和遗迹化石

1—Black-grey median laminal bedded oil shale, paper-sheeted, semi-deep and deep lake subfacies, After weathering, its color changes into green-grey, and foliation well-developed;2—Grey-brown compact-massive oil shale with black-grey medium thick-bedded mudstone and silty mudstone, semi-deep and deep lake subfacies, horizontal bedding well-developed;3—Yellow-grey feldspathic lithic medium to coarse sandstone, braided channel microfacies in the middle fan of subaqueous apron, graded bedding and fluted molds on the bottom of sandstone found;4—black-grey thin-bedded argillaceous siltstone with black-grey carbonaceous and silty mudstone, classic turbidite microfacies in the outer fan of subsea apron, containing abundant fossils including cephalopods, ostracods, fragments of fossil plants and carbon dust, developing horizontal bedding and division DE of the Bouma sequence well-developed;

5—Black-grey medium-bedded argillaceous siltstone and carbonaceous mudstone with thin-bedded oil shale and yellow-grey feldspathic lithic fine sandstone lenses; slump structure, sandball structure, sandpillow structure, deformed bedding, convolute bedding and division CDE and CD of the Bouma sequence developed;6—Yellow-grey pyroclast-bearing tuffaceous siltstone; abundant relict fossil and trace fossils of lower organism present

卷曲,破碎后进行电炉加热试验,遇明火燃烧冒黑褐色浓烟并带有较浓的沥青味。通过对松江盆地油页岩样品有机地球化学数据分析,油页岩的有机质类型为腐泥型-腐殖腐泥型,有机质丰度高,有机碳含量为5.6%~9.5%,热解烃和裂解烃含量均较高,生烃潜力较大,但含油率偏低,一般为3.8%~6.2%。 $t_{max}$ 为425~437℃,处于未成熟—低成熟阶段<sup>[8-9]</sup>。

### 2.2 纵向赋存特征

在松江镇北—杨木屯—老偏坡(近SSW-NNE方向)地区,通过露头观察、地表探槽工程编录及实测地质剖面(图1~2),建立本区大拉子组上段含油页岩段较完整的地层剖面,厚度大于317 m,现将岩性特征自上而下描述如下:

靠近松江向斜轴部,第四系覆盖

7.灰褐、黑灰色厚层块状油页岩夹黑灰色炭质泥岩、粉砂质泥岩及粉砂岩(图2-b)。 约50 m

6.黄灰色、灰色中薄层长石岩屑中细砂岩夹厚约1.0 m黑灰色薄层油页岩,局部夹深灰色薄层泥岩,油页岩层较连续稳定,向上厚度增大 >20 m

5.黄灰色、灰色中层长石岩屑中粗砂岩夹深灰色薄层粉砂岩、泥岩及少量黑灰色中薄层油页岩,油页岩单层厚度为0.3~1.0 m >35 m

4.土黄色中厚层长石岩屑中粗砂岩,局部夹黑灰色薄层油页岩、泥岩及深灰色薄层粉砂质泥岩,油页岩层厚为0.2~1.0 m >127 m

3.黄灰色、灰色中厚层长石岩屑中粗砂岩夹3~5层黑灰色纸片状油页岩,局部夹深灰色薄层泥岩、粉砂岩,油页岩层厚为0.5~1.0 m(图2-a)。 >30 m

2.黑灰色中厚层纸片状油页岩夹灰黑色、深灰色碳质泥岩、粉砂岩,局部夹细砂岩透镜体(图-a) 约16 m

1.黄褐色、黄灰色中厚层长石岩屑中粗砂岩夹黑灰色纸片状油页岩,局部夹中薄层深灰色粉砂质泥岩(图2-a)。 >39 m

二道江断裂构造断失,未见底

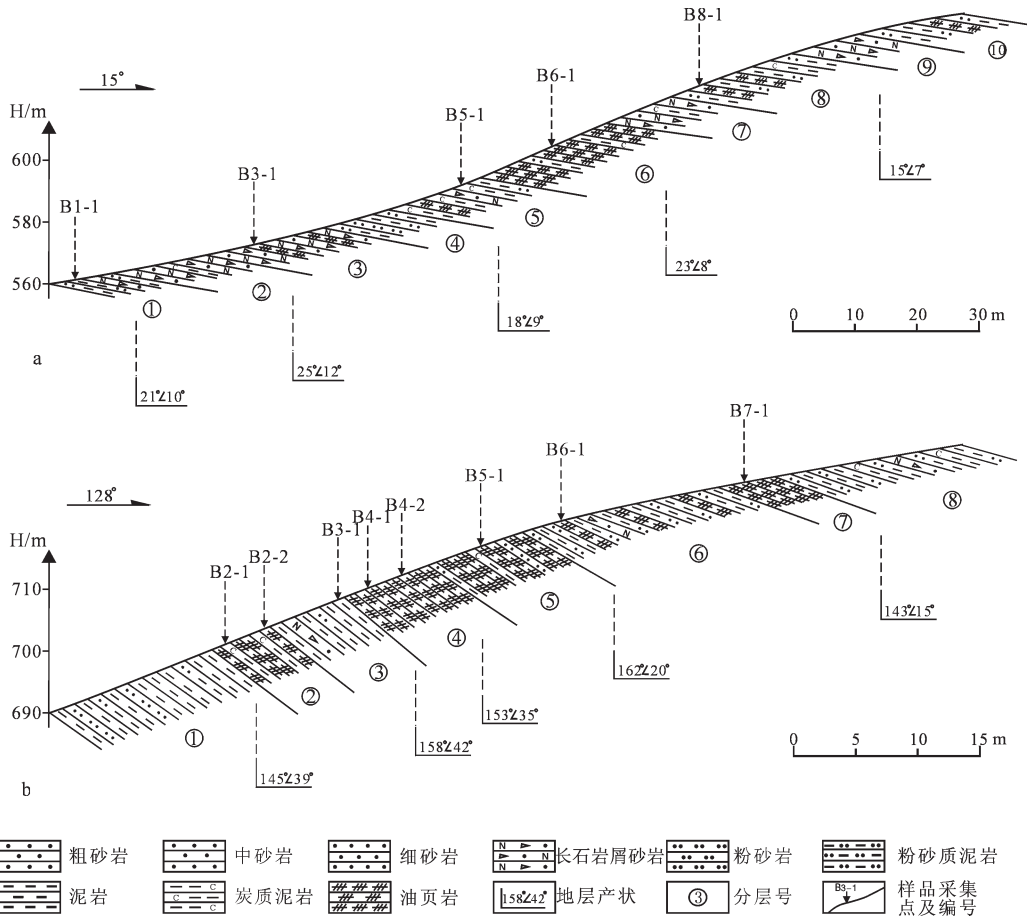


图2 松江盆地大拉子组上段油页岩矿层实测地质剖面图

Fig.2 Measured geological section showing oil shale beds in the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang basin



综上所述,松江盆地大拉子组上段发育 7 个含油页岩层位,顶板最大埋深均在松江向斜轴部的杨木屯一带,可达 300~400 m。上述各含油页岩层中,仅 2 号层和 7 号层是具有工业开采价值的矿层,适合于露天开采。其中以 7 号矿层为最佳,油页岩多呈灰褐色致密块状(图版 I-2),含油率为 5%~6.2%,单层厚度多为 5~8 m,累计厚度达 40~50 m(图 2-b,图 3);2 号矿层次之,油页岩呈黑灰色纸片状(图版 I-1),含油率一般为 3.8%~5%,单层厚度多为 1~3 m,累计厚度 10~16 m(图 2-a,图 3)。沿杨木屯—老偏坡方向跨越松江向斜轴部,向斜构造增厚油页岩矿层的趋势特别明显。在向斜南翼的松江镇、杨木屯和胜利屯一带,油页岩矿层埋藏浅,出露较好,产状自下而上靠近向斜轴逐渐变缓(图 2-a)。而向斜北翼油页岩矿层出露则较差,多被第四系覆盖,仅在老偏坡和东山一带零星出露,而且产状不稳定,倾角为 15~42°(图 2-b)。

### 2.3 平面分布特征

大拉子组上段地层在松江盆地内比较发育,主要分布于松江向斜核部。通过地质工程揭露,在杨木屯、老偏坡、胜利屯及东山一带,油页岩矿层分布面积约 27 km<sup>2</sup>,岩性为灰黑色粉砂质泥岩、炭质泥岩与黑灰色油页岩不等厚互层,夹黄灰色、绿灰色薄层粉砂岩及中细砂岩,产动植物化石。大拉子组上段岩相变化较大,在胜利屯—东山周边地区,岩性以深灰、灰色泥岩夹薄层油页岩、粉砂岩为主;在老偏坡—杨木屯一带,灰褐色厚层油页岩夹泥岩、粉砂质泥岩发育(图版 I-2)。总体趋势为自东向西、由南向北粒级变细,油页岩矿层累计厚度增大。其中,致密块状油页岩发育于松江向斜轴部杨木屯地区、向斜北翼的老偏坡—东山一线,纸片状油页岩见于向斜南翼的杨木屯—松江镇北以及胜利屯一带<sup>①</sup>。

## 3 沉积演化

松江盆地大拉子组上段油页岩的宏观特征、有机组分及时空分布规律,明显受到古松江湖盆早白垩世晚期的古气候、古地形、基准面变化、区域构造运动与火山活动等因素的影响和制约。野外地质观测及综合分析表明,区内大拉子组上段地层至少可划分为两个不完整的三级层序,即层序 I 和层序 II,具有工业开采价值的 2 号和 7 号油页岩矿层皆为半

深湖—深湖成因,分别形成于层序 I、层序 II 的高位体系域时期(图 3)。

植物化石组合研究表明,大拉子组沉积时期具有较明显的亚热带湿热气候条件下的植被特征<sup>[2-4]</sup>。综合区域地层展布情况和岩相变化特征研究表明,早白垩世大拉子组上段沉积前期,区域构造运动、幕式火山活动相对活跃,古松江湖盆总体拗陷沉降幅度较大。沉积物主要来自盆缘东南部、东部的前中生代地层,由盆地东南部砂金沟—头道沟一带入湖向西北搬运。大量陆源粗碎屑物质进入古松江湖盆,在其盆缘边部形成了广泛的扇三角洲沉积体系。向湖盆内部依次发育滨浅湖、半深湖沉积,不发育深湖区,沉积中心位于小沙河—东南岔以南一带。

### 3.1 层序 I

水进体系域时期,由于季节性大气降水长期补给使得湖盆内部汇水量急剧增加,基准面快速上升,古松江湖盆向南扩张,湖域范围变广,沉积中心逐渐向老偏坡—杨木屯地区迁移,西北和东南两侧盆缘水下斜坡的地势较陡,水体自北向南逐渐加深。季节性洪水携带大量陆源碎屑入湖,在湖盆东南缘形成了稳定的重力流水下扇沉积体系,沉积物具有分异差、粒度较粗、泥质含量较高的特点,进一步可划分为中扇和外扇两个亚相<sup>[10-11]</sup>。向湖盆中心方向,以中扇亚相最为发育,由辫状沟道—沟道间微相组成,岩性主要为土黄、黄灰色透镜状砾质长石岩屑中粗砂岩夹黑灰色中薄层粉砂质泥岩、油页岩,具块状层理或递变层理等,底部见冲刷—充填构造、槽模等(图版 I-3),多为鲍玛序列 ACDE 段、ABCD 段、ACD 段的组合特征(图 3)。

高位体系域时期,区域火山活动处于相对平静的间歇期,而热构造沉降活动加剧,古松江湖盆进入强烈拗陷阶段,水体不断加深,但深湖区比较局限<sup>[12]</sup>。半深湖—深湖区总体为弱还原的静水环境,由于火山活动为松江古湖盆提供了大量火山碎屑物质,因此湖盆水体中矿物养分比较充足,表层水体透光性较强,促使藻类等浮游生物勃发繁盛,较高的湖泊生产力有利于有机质的形成与聚集<sup>[13]</sup>。大量有机质沉积于半深湖—深湖区并较好的保存下来,形成了 2 号油页岩矿层的黑灰色中厚层纸片状油页岩(图 2-a,图 3)。

水退体系域时期基准面逐渐下降,促使稳定型水下扇沉积再度回春,半深湖—深湖区先期沉积但未

①刘招君,杜江峰,张健,等.吉林省油页岩资源调查与评价研究报告,2005.

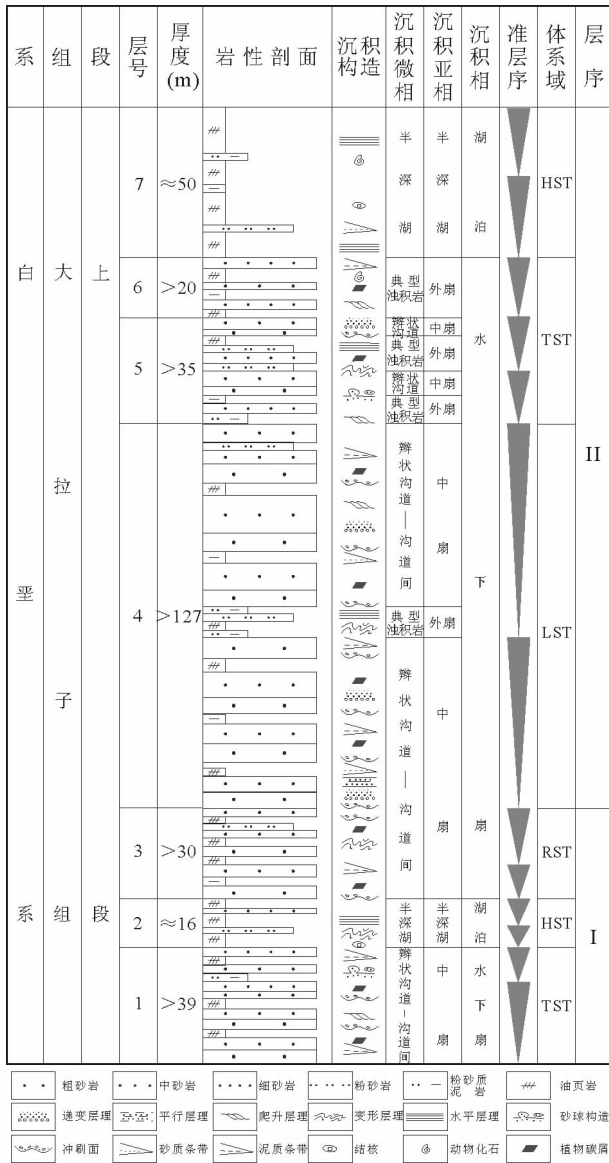


图3 松江盆地大拉子组上段油页岩矿层综合柱状图  
Fig.3 Generalized columnar section of oil shale beds in the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang basin

固结的含有有机质沉积物被破坏而不易保存，此外还导致了底栖生物大量死亡，形成水下扇中粗砂岩夹半深湖相黑灰色油页岩、深灰色炭质泥岩及粉砂岩的岩相组合(图 3)，在局部保存了介形类化石层事件沉积，如在二道江北岸沿江露头泥质粉砂岩中见厚约 0.8 m 的含头足类及介形虫化石层(图版 I-4)。

### 3.2 层序 II

层序 II 低位体系域时期，由于相对基准面下降至最低程度，湖域收缩较大，盆缘稳定发育的扇三角

洲沉积体系携带大量的陆源碎屑物质，不断向湖盆内延伸注入，沉积物供给速率远大于盆地沉降速率，形成向湖心方向推进、规模较大的稳定型水下扇体，发育由多个辫状水道充填沉积构成鲍玛序列 AAA 型叠复砂岩相，向上砂岩粒度变粗，单个砂层厚度增大(图 3)。

水进体系域时期，古松江湖盆持续拗陷，但盆地整体沉降幅度有所减缓，沉积中心已就位于杨木屯—胜利屯一带。由于盆地沉降速率大于沉积物供给速率，降水量大于蒸发量等因素综合作用使得基准面再次相对上升，湖岸线向物源区退缩，导致盆地边缘的沉积物注入受到遏制，同时也加剧了湖盆内水下斜坡的坡度，使得盆缘靠内发育的扇三角洲前缘多以快速的侧向沉积为主，沉积物表面倾角不断增加，斜坡上堆积的扇三角洲前缘松散的砂泥沉积物更加不稳定，经区域幕式火山活动诱发频繁向下滑塌、液化后形成了高密度浊流，在湖盆深水低洼区形成了规模不等的阵发型湖泊水下扇体<sup>[1]</sup>，表现为半深湖—深湖相的黑灰色厚层油页岩或黑灰色炭质泥岩、粉砂质泥岩中夹较多层状叠置的浊积朵体或砂体(图 3~4)。岩性主要为浅灰、黄灰色含砾砂岩、长石岩屑细砂岩，由下至上岩性由粗变细，分选性逐渐变好，具明显的滑塌构造、砂球砂枕构造、变形层理及水平层理等，垂向上多表现为鲍玛序列 CDE 段、CD 段、DE 段组合特征，属水下扇外扇典型浊积岩沉积(图版 I-5)。阵发型水下扇沉积使半深湖—深湖区形成的暗色泥岩、页岩及油页岩中杂质碎屑成分含量增大，局部还保存了火山事件沉积的产物，如杨木屯周边地区 7 号油页岩矿层中见厚 5~20 cm 黄灰色含大量火山碎屑凝灰质粉砂岩夹层，内含丰富的低等生物残体化石或遗迹化石(图版 I-6)。

高位体系域时期，即大拉子组上段沉积末期，区域构造趋于长期稳定阶段<sup>[2]</sup>。盆地整体拗陷达到最深并与周边地区水体连通，盆缘水系及湖流作用影响微弱，半深湖—深湖区分布范围最广且湖水分层最稳定，以藻类为主的低等浮游生物大量茂盛生长促使水体富营养化，其死亡后沉积于半深湖—深湖区逐渐腐烂，而微生物降解作用消耗较多的氧分，促使半深湖—深湖区长期缺氧处于强还原环境，丰富的有机质得以有效保存，形成了稳定的 7 号油页岩矿层及具有较强生烃潜力的厚层暗色泥岩(图 3~4)。

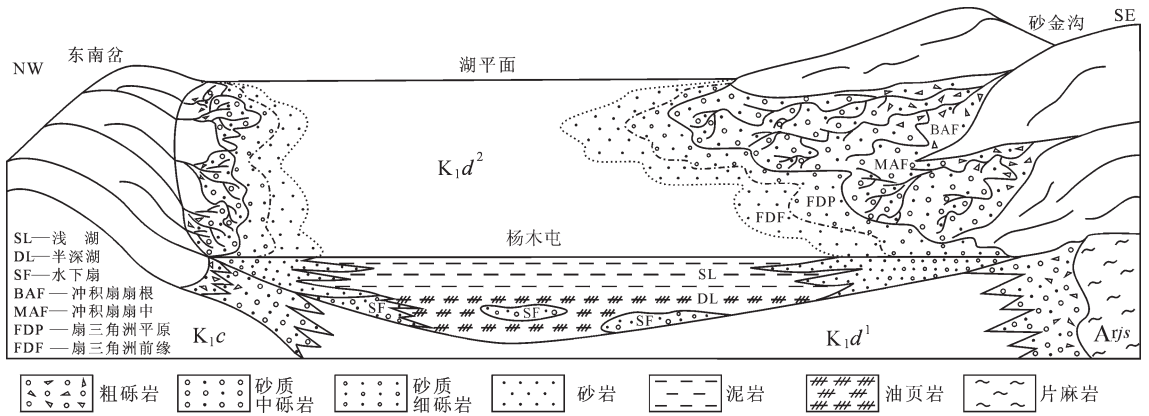


图 4 松江盆地大拉子组上段油页岩成矿模式

$K_{1c}$ —长财组;  $K_{1d}^1$ —大拉子组下段;  $K_{1d}^2$ —大拉子组上段; Arjs—甲山组

Fig.4 Oil shale formation model of the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang basin  
 $K_{1c}$ —Changcai Formation;  $K_{1d}^1$ —Lower member of the Dalazi Formation;  $K_{1d}^2$ —Upper member of the Dalazi Formation; Arjs—Jiashan Formation

## 4 成矿机制

综上所述,笔者建立了松江盆地大拉子组上段油页岩的成矿模式(图 4)。油页岩矿层形成于高位体系域时期,区域构造及火山活动相对稳定,为半深湖—深湖长期滞水还原环境下的产物。该时期古松江湖盆半深湖—深湖区范围较大且湖水分层稳定,藻类等浮游生物勃发形成很高的湖泊生产力,产生大量的有机质并得以有效的保存聚集,因而形成稳定的油页岩矿层<sup>[3]</sup>。当区域构造运动或幕式火山活动发生时期,基准面升降频繁变化过程中,重力流水下扇沉积发育。季节性洪水携带大量陆源碎屑物质或扇三角洲前缘的碎屑沉积物滑塌进入半深湖—深湖区,形成了规模不等、频繁叠置的湖泊水下扇砂体,破坏了古松江湖盆半深湖—深湖还原环境下稳定的水体分层,加剧了底层湖水与表层湖水的混合与循环,极大地降低了半深湖—深湖区的强还原条件,使其转变为弱氧化—弱还原环境。此外,重力流沉积物中还携带了某些富氧组分,也在一定程度上削弱了半深湖—深湖区的物质还原能力。频繁发育的重力流不但破坏了有机质的保存富集,而且还增大了成岩后油页岩中杂质碎屑成分含量,导致油页岩中有机质类型的分异和有机质丰度的降低,甚至蜕变成炭质泥岩、泥岩或页岩,对于油页岩的含油率、化学组分及工艺性质等工业指标具有决定作用,也影响了油页岩矿层发育的稳定性和连续性。

## 5 结论

(1)松江盆地大拉子组上段油页岩一般呈灰褐色或灰黑色,表现为纸片状和致密块状。有机质类型为腐泥型—腐殖腐泥型,有机碳含量为 5.6%~9.5%,含油率一般为 3.8%~6.2%, $t_{max}$  为 425~437℃,处于未成熟—低成熟阶段。

(2)松江盆地大拉子组上段发育 7 个含油页岩层位,2 号层和 7 号层为具有工业开采价值的矿层,以 7 号矿层为最佳,2 号矿层次之。矿层产状不稳定。油页岩矿层自东向西、由南向北累计厚度增大。致密块状油页岩发育于松江向斜轴部杨木屯地区、向斜北翼的老偏坡—东山一线,纸片状油页岩见于向斜南翼的杨木屯—松江镇北以及胜利屯一带。

(3)松江盆地大拉子组上段地层可划分为两个三级层序,2 号和 7 号油页岩矿层皆为半深湖—深湖成因,分别形成于层序 I、层序 II 的高位体系域时期。油页岩的宏观特征、有机组分及时空分布规律,明显受到古松江湖盆早白垩世晚期的古气候、古地形、基准面变化、区域构造运动与火山活动等因素的影响和制约。

(4)松江盆地大拉子组上段油页岩矿层形成于高位体系域时期,湖水分层稳定,藻类等低等生物勃发产生大量有机质,在半深湖—深湖长期滞水缺氧的还原环境下有效聚集保存成矿,而频繁发育的重力流湖泊水下扇沉积不利于油页岩成矿。

致谢:野外工作得到吉林油田勘探开发研究院的



周岩工程师、于淑梅工程师、司机杨春生师傅和王伟师傅的大力协助;研究过程中,朱建伟教授、柳蓉博士、王立军高级工程师提出许多有益的意见与建议,在此深表感谢!

### 参考文献 (References):

- [1] 刘招君, 柳蓉. 中国油页岩特征及开发利用前景分析 [J]. 地学前缘, 2005, 12(3):315-323.  
Liu Zhaojun, Liu Rong. The character and exploitation and analysis of utilization prospect of Chinese oil shale[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3):315-323(in Chinese with English abstract).
- [2] 陶君容. 中国晚白垩至新生代植物区系发展演变[M]. 北京: 科学出版社, 2000:1-282.  
Tao Junrong. The Evolution of the Late Cretaceous -Cenozoic Floras in China[M]. Beijing: Science Press, 2000:1-282(in Chinese with English abstract).
- [3] 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.  
Sun Ge, Zheng Shaolin. New proposal on division and correlation of Mesozoic from northeastern China [J]. Jowranl of Stratigraphy, 2000, 24(1):60-64 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张光富. 中国吉林大拉子组的时代探讨[J]. 地层学杂志, 2005, 29(4):381-386.  
Zhang Guangfu. Discussion on geological age of the Dalazi Formation in Jilin province, China[J]. Jowranl of Stratigraphy, 2005, 29(4):381-386(in Chinese with English abstract).
- [5] 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.  
Zhang Chuanbo. Middle-late Early Cretaceous in Yanji Basin of Jilin Province[J]. Journal of Changchun Geology College, 1986, (2):15-27(in Chinese with English abstract).
- [6] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1991:201-620.  
Jilin Province Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Jilin Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991:201-620(in Chinese with English abstract).
- [7] 陈昭年, 陈发景, 董庸. 延吉盆地热史分析[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2):165-170.  
Chen Zhaonian, Chen Fajing, Dong Yong. Thermal history analysis of Yanji basin [J]. Oil and Gas Geology, 1997, 18 (2):165-170(in Chinese with English abstract).
- [8] Dyni J R. Geology and resources of some world oil shale deposits[J]. Oil Shale, 2003, 20(3):193-252.
- [9] 关德师, 牛嘉玉, 郭丽娜. 中国非常规油气地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995:1-274.  
Guan Desh, Niu Jiayu, Guo Lina. Unconventional Oil -Gas Geology in China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995:1-274(in Chinese).
- [10] 王良忱, 张金亮. 沉积环境和沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996:1-196.  
Wang Liangchen, Zhang Jinliang. Sedimentary Environments and Sedimentary Facies[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996:1-196(in Chinese).
- [11] 刘招君. 湖泊水下扇沉积特征及影响因素——以伊通盆地莫里青断陷双阳组为例[J]. 沉积学报, 2003, 21(1):148-154.  
Liu Zhaojun. Lacus subaqueous fan sedimentary characteristics and influence factors -A case study of Shuangyang Formation in Moliqing fault subsidence of Yitong basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(1):148-154(in Chinese with English abstract).
- [12] 张海龙, 刘招君, 史冀忠, 等. 罗子沟盆地下白垩统大砬子组油页岩成矿规律分析[J]. 中国地质, 2007, 34(1):86-91.  
Zhang Hailong, Liu Zhaojun, Shi Jizhong, et al. Formation characteristics of oil shale in the lower Cretaceous Dalazi Formation in the Luozigou basin[J]. Geology in China, 2007, 34(1):86-91(in Chinese with English abstract).
- [13] 汪品先, 刘传联. 含油气盆地古湖泊学研究方法[M]. 北京: 海洋出版社, 1993:1-230.  
Wang Pinxian, Liu Chuanlian. Study Methods for Paleo-lakes in Petroliferous Basin[M]. Beijing: Ocean Press, 1993:1-230(in Chinese).



## Characteristics and formation mechanism of oil shale in the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang basin, Jilin

DU Jiang-feng<sup>1</sup>, LIU Zhao-jun<sup>1</sup>, ZHANG Jian<sup>2</sup>, ZHANG Lei<sup>1</sup>, HE Jun-ling<sup>3</sup>,  
REN Yu-xue<sup>3</sup>, WANG Jian-dong<sup>3</sup>

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China;

2. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110004, China;

3. Research Institute of Exploration and Development, Jilin Oilfield Company, Petro-China, Songyuan 138000, China)

**Abstract:** The upper member of the Early Cretaceous Dalazi Formation in the Yanbian area, Jilin, is characterized by occurrence of oil shale. The oil shale in the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang basin is commonly grayish-brown or grayish-black and paper-sheeted and compact massive. The organic matter in oil shale is of sapropelic type and humus-sapropelic type with an oil-bearing rate of 3.8% to 6.2%. There are 7 beds of oil shale in the upper member of the Dalazi Formation. Of these, beds 2 and 7 are of commercial value; they are not persistent in attitude and their cumulative thicknesses increase from east to west and from south to north. The compact massive oil shale is developed in the Yangmutun area in the axial region of the Songjiang syncline and the Laopianpo-Dongshan area in the north limb of the syncline. The sheeted oil shale occurs in the Yangmutu-North Songjiang area in the south limb of the syncline and Shenglitun area. The upper member of the Dalazi Formation may be divided into two third-order sequences. Beds 2 and 7 are both of semi-deep lake-deep lake origin and formed in the highstand systems tract of sequences I and II respectively. The persistently layered lake water, algal blooming, semi-deep lake-deep lake, protracted, stagnant, anoxic, reducing environment and effective accumulation and preservation of organic material—all these were favorable for the formation of oil shale. However, repeated subaqueous fan deposition by gravity flows was disadvantageous for the formation of oil shale.

**Key words:** oil shale; upper member of the Dalazi Formation; horizon; algal blooming; gravity flow; Songjiang basin

**About the first author:** DU Jiang-feng, male, born in 1979, Ph.D candidate, mainly engages in the research on sedimentology, sequence stratigraphy and exploration of oil and gas resources; E-mail: jiangf\_du@sina.com.