

# 依兰盆地达连河组油页岩成矿模式及类型

刘志逊<sup>1</sup> 张鑫刚<sup>1</sup> 马 腾<sup>1</sup> 葛 佐<sup>1</sup> 代鸿章<sup>2</sup>

(1. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要:**达连河油页岩含矿区位于黑龙江省依兰地区, 该区是一个半地堑式断陷盆地。古近系达连河组为一个完整的三级层序, 油页岩形成于水进体系域和高水位体系域发育时期。本文认为达连河组油页岩存在两种成矿模式, 即湖泊-沼泽相油页岩成矿模式、浅湖相-半深湖相油页岩成矿模式; 不同成矿类型油页岩分布于层序的不同体系域, 古地貌型、沉积密集段型油页岩成矿常分布于水进体系域, 沉积密集段型、气候型油页岩成矿位于高水位体系域。

**关键词:**油页岩; 达连河组; 成矿模式

**中图分类号:** P618.12      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2013)06-1872-08

油页岩是一种可以燃烧的高灰分有机岩, 含油率一般为 1.5%~13.7%<sup>[1]</sup>, 并且富含有机质、具有微细层理, 类型主要有腐泥型和混合型<sup>[2,3]</sup>, 发热量一般大于 4 187 J/g<sup>[4]</sup>。油页岩作为一种重要的接续和替代能源资源以其巨大的储量引起了全世界的关注<sup>[5]</sup>, 对油页岩的开发利用也更趋复合、多元化<sup>[6]</sup>。

达连河组油页岩产自黑龙江省依兰县达连河煤矿, 前人对该区油页岩已从地质及地球化学特征<sup>[7-10]</sup>、沉积特征<sup>[11-13]</sup>、成因<sup>[9,14]</sup>等方面进行了较为系统的研究。本文拟对达连河组油页岩的成矿模式及类型进行综合研究, 旨在提高研究区内矿产勘查工作的预见性, 并对油页岩资源的进一步开发利用起到一定指导作用。

## 1 地质背景

达连河油页岩含矿区位于依兰—伊通盆地内, 地处黑龙江省中部松花江东岸, 依兰县西南与方正、通河三县交界处, 呈北东—南西向三角地带<sup>[15]</sup>。本区大地构造位于新华夏系第二隆起带张广才岭隆起的北缘。初步划分为东西向构造带、经向构造体系、华夏系、新华夏系及华夏式构造体系。依兰盆地位于东西构造带与华夏式构造体系的复合部位。

达连河区位于煤盆地东部, 即是依兰—牡丹江经向构造带以西、沙河子—永丰东西构造带与华夏式佳—依地堑北端的复合构造的东北部位, 呈近东西向或北东—南西向的 S 形构造体系。其西北界被地堑东界的达苏断裂相切, 东南界被北西倾的 F 正断裂相割成三角扇形断陷地带(图 1)。

达连河组以河流、沼泽、湖泊沉积为主, 下部砂砾岩段为冲积扇、河流相沉积; 中部煤油页岩段为泥炭沼泽和深水沼泽相沉积; 上部劣质油页岩段湖泊相发育, 构造活动稳定, 因此沉积了巨厚的劣质油页岩; 顶部砂页岩段主要以河流沉积为主, 发育三角洲相<sup>[16]</sup>(图 2)。

冲积扇相: 主要分布在达连河组底部, 岩性为浅灰黄色含砾石英砂岩与泥岩、油页岩、粘土岩互层组成。含砾砂岩成分以石英为主, 其次为正长石。粗粒、不等粒含砾石为特征, 分选较差, 次棱角—次圆状, 见大型槽状交错层理、板状交错层理。

沼泽相: 发育在达连河组下部, 分布较广, 岩性为主要煤层群和炭质泥岩与油页岩互层组成, 局部夹含油砂岩, 发现大量植物化石。泥炭沼泽相煤层与半深湖相油页岩互层沉积。

湖泊相: 主要发育半深湖—深湖相, 分布在达连

收稿日期: 2013-02-01; 改回日期: 2013-10-30

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010813079)资助。

作者简介: 刘志逊, 男, 1964 年生, 博士, 研究员, 主要从事能源地质研究; E-mail: zhixunl@sina.com。

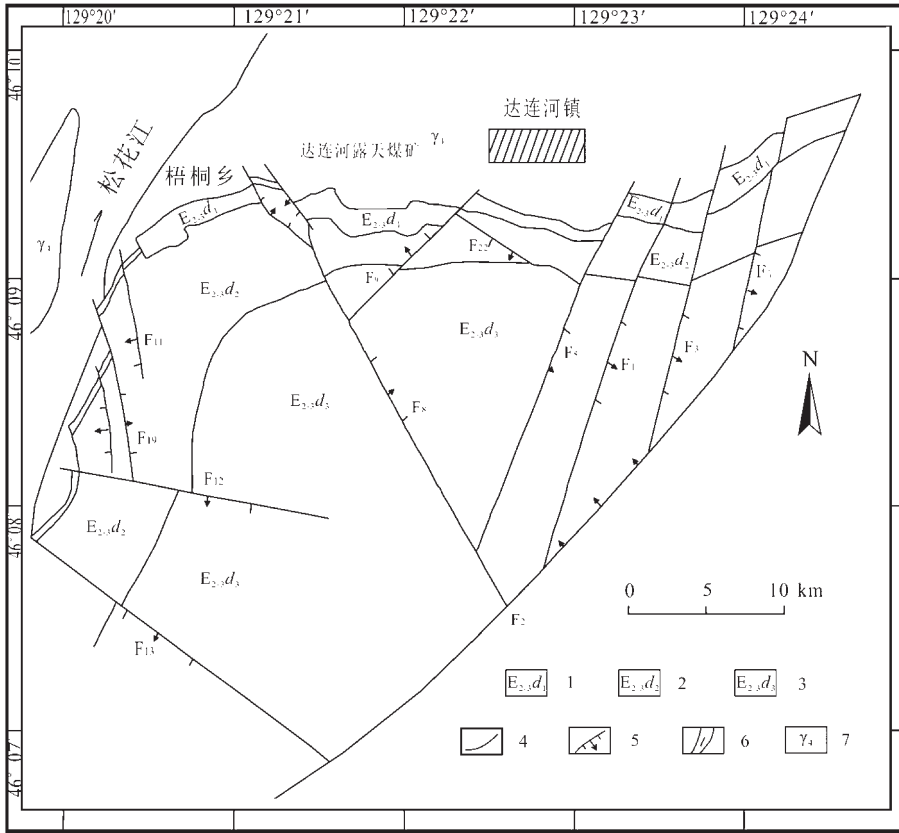


图 1 依兰盆地地质图

1—达连河组下段;2—达连河组中段;3—达连河组上段;4—地层界线;5—正断层;6—河流;7—海西期花岗岩

Fig.1 Geological map of Yilan Basin

1-Lower member of Dalianhe Formation;2-Middle member of Dalianhe Formation;3- Upper member of Dalianhe Formation; 4-Stratigraphic boundary;5-Normal fault;6-River;7- Hercynian granite

河组中部,分布最广,沉积最厚,岩性为巨厚的劣质油页岩夹薄层粉砂岩,水平层理发育,从下向上单层厚度有增大的变化趋势。共分三段:下段为褐色劣质油页岩,底部夹有薄层粉砂岩、细砂岩及含菱铁矿结核。中段为黑色炭质泥岩。上段为浅褐色炭质泥岩夹粉细砂岩、粗砂岩互层。

三角洲相:主要分布在达连河组上部,下部为粗砂岩,含砾粗砂岩夹泥岩,发育交错层理(板状、槽状),分选磨圆中等。中部为砂页岩互层,夹薄层煤。上部为砂岩,含砾粗砂岩夹多层粉砂岩、细砂岩及薄煤层。整体为沉积物粒度向上变粗,砂砾岩成分增多。

## 2 层序地层

根据岩心钻井资料的综合分析,将达连河组地层划分为一个完整的三级层序<sup>[7]</sup>,其中下部砂砾岩段为低水位体系域,煤、油页岩段为水进体系域,中

部油质页岩段为高水位体系域,上部砂页岩段为水退体系域(图 2)。

低水位体系域(LST):达连河低水位体系域形成在断陷发育的初期,因无汇水中心而发育冲积扇和河流沉积体系。其岩性特征为自下而上由含砾粗砂岩-粉细砂岩-煤层-油页岩组成的正韵律旋回。

水进体系域(TST):水进体系域形成在湖平面快速上升期,由首次湖泛面所限定。此时,一般构造沉降速率大于沉积物供给速率,使湖岸线向陆地方向推进,形成典型的退积型叠加方式。其岩性特征为煤-油页岩多旋回沉积,每一次较大湖侵形成一套油页岩沉积,湖侵之后,则发育一套煤的沉积。向上煤层有变薄的趋势,油页岩及炭质页岩增厚。其显著特征是煤层顶板为油页岩,平均含油率大于 5%,为具有工业价值的矿床。其沉积环境为泥炭沼泽(煤)与半深湖(油页岩)交替沉积环境。

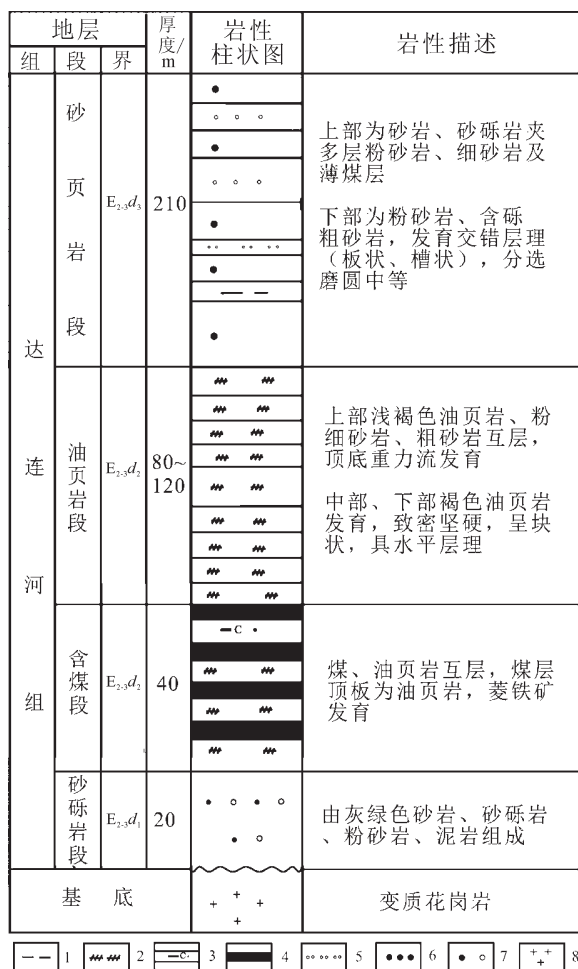


图 2 盆地地层柱状图

1—泥岩；2—油页岩；3—炭质页岩；4—煤；5—粉砂岩；6—砂岩；  
7—砂砾岩；8—变质花岗岩

Fig.2 Stratigraphic column of Yilan Basin

1—Mudstone; 2—Oil shale; 3—Carbonaceous shale; 4—Coal;  
5—Siltstone; 6—Sandstone; 7—Sandy conglomerate;  
8—Metamorphic granite

高水位体系域(HST):高水位体系域形成于湖泊水体相对静止的高水位期,以上层煤顶板油页岩为底界。其岩性特征为巨厚、灰褐色劣质油页岩,含多层红褐色薄层菱铁质泥岩层,块状致密结构,含薄层浊积岩层为深湖相沉积标志。由于湖平面和湖岸线不随时间发生大的变化,而形成加积式准程序组的叠加方式。页岩充填整个盆地,厚度为 80~140 m。目前所知含油率一般小于 3.5%,不具工业价值。纵向上显示为典型的加积型准层序。

水退体系域(RST):水退体系域形成于高水位期后沉积物供给速率大于湖平面上升速率时的相对湖平面缓慢萎缩期。由于沉积物不断向盆地中心推

进,湖岸线不断向盆地中心迁移,形成进积式准层序组叠加方式。其岩性特征为炭质泥岩-粉细砂岩-含砾粗砂岩组成的多次反韵律旋回,向上砂岩增多。发育典型的湖退型(扇)三角洲沉积体系。

### 3 油页岩成矿模式

成矿模式是对同一类型矿床的地质、构造、地球化学和其他基本特征进行概括,反映矿床成矿规律认识的一种表达方式,主要目的是指导矿产勘查工作在相类似的地质环境中发现矿床<sup>[11,14]</sup>。

在研究矿区油页岩成矿地质特征基础上,分析盆地在不同演化阶段油页岩成矿的主要控制因素,总结古构造、沉积环境、古气候、生物及有机质的时空分布规律,建立油页岩成矿模式<sup>[14]</sup>。

通过分析研究认为矿区有两种成矿模式,即湖泊-沼泽相油页岩成矿模式与浅湖相-半深湖相油页岩成矿模式。现分述如下:湖泊-沼泽相油页岩成矿模式代表着煤层间油页岩成因类型(图 3),在依兰断陷初始沉降时期,基底沉降缓慢,盆底凹凸不平,发育冲积扇和河流沉积体系,沉积了陆相碎屑岩沉积。在结束低水位体系域沉积时,矿区基底小规模凹凸基底已基本填平,形成的古地貌具有一定特点,低地呈现分布范围较大、坡度较缓、深浅不一的洼陷区,高地呈现面积较小的基底隆起。当控盆断裂进一步活动,湖盆基底沉降速率较快时,断陷水体加深,湖水向四周漫延,首次规模较小湖侵作用发生,开始形成水进体系域,湖水退去,在低洼陷区发生聚煤作用形成下煤层,断裂继续活动,湖侵作用再次发生,在低洼陷区形成浅湖,基底古隆起周围形成覆水较深的沼泽环境,局部深洼陷区可能形成半深湖。该时期气候湿热,适宜植物繁茂生长,茂盛的各类植物为油页岩提供了充足的有机质,同时生态环境稳定,适宜水生浮游生物及藻类发育,在较深水体中,处于弱还原-强还原环境,有机质保存条件较好,藻类等死亡后浮游生物与沼泽环境产生的高等植物有机组分经腐泥化作用形成了富含有机质的油页岩。水体变浅时,适宜木本植物繁茂生长,死亡后植物大量堆积,经泥炭化作用形成煤层,随着湖盆基底沉降速率快慢频繁交替性的变化,湖泊与沼泽相环境发育程度不断改变,油页岩成矿作用与聚煤作用交替变化,表现在剖面上油页岩与煤层互层,并作为煤层的顶、底板出现;油页岩沉积向低洼处逐渐增厚,深洼陷区

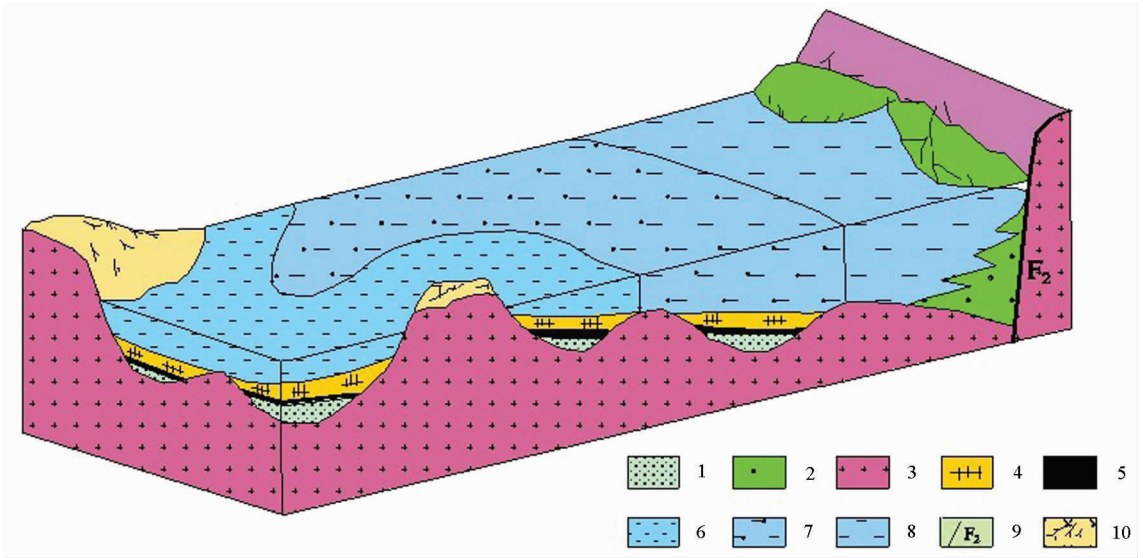


图 3 达连河矿区湖泊-沼泽相油页岩成矿模式

1—砂岩;2—扇三角洲砂砾岩;3—基底花岗岩;4—油页岩;5—煤层;6—深水沼泽;  
7—浅湖;8—半深湖;9—盆缘断裂;10—岛状古隆起

Fig.3 Ore-forming model of lake-swampy facies oil shale in the Dalianhe ore district

1-Sandstone; 2-Fan delta sandy conglomerate; 3-Granites in the basement; 4-Oil shale; 5-Coal seam; 6-Deep swamp;  
7-Shallow lake; 8-Semi-deep lake; 9-Basin margin fault; 10- Island paleouplift

厚度大,隆起区无沉积或沉积物薄,沉积厚度随古地貌变化较大,明显呈现出古地貌特征对油页岩分布及厚度控制作用其成矿的有利部位为分布范围较大、坡度较缓、深浅不一的洼陷区。

浅湖相-半深湖相油页岩成矿模式为巨厚油页岩段成因类型(图 4)。上煤层结束沉积时,断裂进一步活动,湖盆基底沉降幅度较大,大规模湖侵作用发生,湖泊水体处于相对静止的高水位期,开始进入高水位体系域,初期气候接近亚热带,生态环境比较稳定,水生浮游生物及藻类生长相对发育,在底部形成由贫陆源物质的半深湖沉积物、比较丰富的有机质组成的密集段。该段富含有机质,层位分布稳定,厚度薄,为浅湖相-半深湖相油页岩成矿模式中最有利成矿层位。随着沉积环境进一步演化,该时期气候处于亚热带-暖温带气候变化中,总体上温度降低,水体以弱还原-弱氧化、浅湖环境为主,生态环境动荡,对有机质聚集与保存不利,造成有机质丰度平均很低。气候作用使油页岩含油率在自下而上的垂向剖面上表现出明显的高低变化,并随温度呈总体降低趋势,同时由于间歇性地出现炎热潮湿和偏冷干燥气候,相应原始有机质生产率出现高低波动,古生物特别是水生浮游生物及藻类生长发育相应地出现

繁茂与抑制阶段,腐泥型有机质生产率高的阶段就会沉积形成含油率相对高的油页岩层,这也是此种成矿模式中比较有利的成矿层位<sup>[18-20]</sup>。

综合各体系域内各种油页岩成矿的特点,断陷型盆地油页岩成矿可划分成 3 种类型即古地貌型油页岩成矿、沉积密集段型油页岩成矿、气候型油页岩成矿<sup>[21]</sup>,这 3 种油页岩成矿在层序中所处位置不一样,其中古地貌型油页岩成矿在低水位体系域(LST)底部,沉积密集段型油页岩成矿、气候型油页岩成矿在 HST 体系域中下部,不同类型油页岩成矿所控制的油页岩性质、发育特征和分布规律也不尽相同,在达连河矿区古地貌型油页岩成矿一般有机质最富,含油率高,有机质类型属腐泥型、腐殖腐泥型,油页岩厚度随古地形深浅变化,分布范围局限在洼陷区,沉积密集段型油页岩成矿有机质富集程度次于前者,属腐殖腐泥型油页岩,分布最广,范围受盆地最大湖泛规模限制,层薄但稳定分布,连续性好,气候型油页岩成矿有机质相对最贫,类型以腐殖腐泥型为主,厚度薄但分布比较稳定,三者相比较以古地貌型油页岩成矿最佳,其次为沉积密集段型油页岩,气候型油页岩成矿相对较差,实际上在矿区仅起到一种有机质相对富集的油页岩类型。

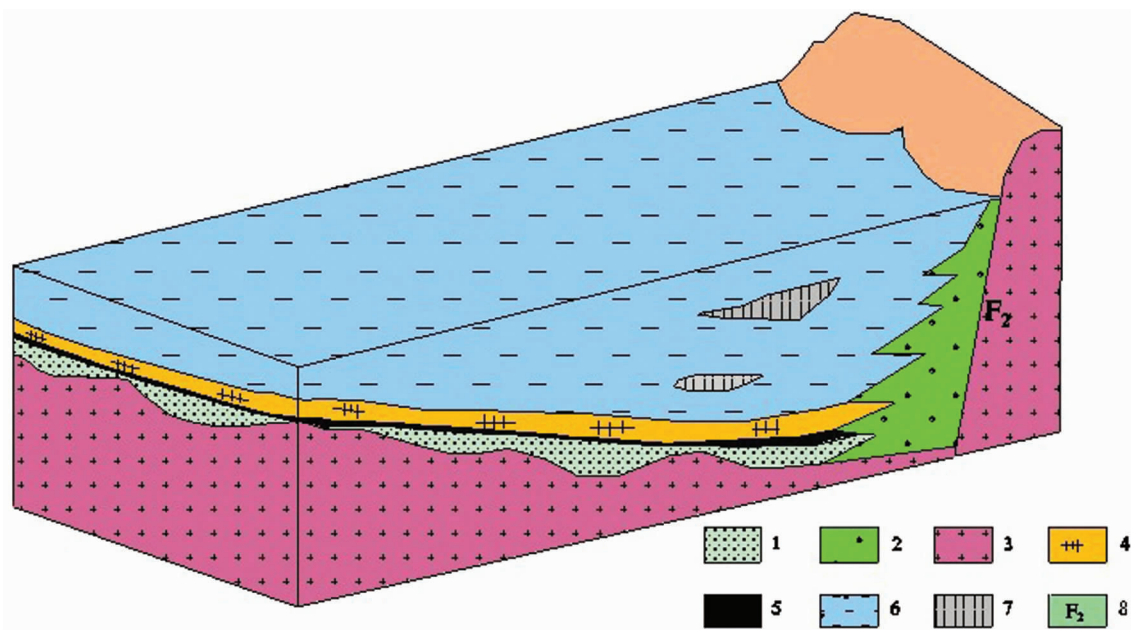


图4 达连河矿区浅湖-半深湖相油页岩成矿模式

1—砂岩;2—扇三角洲砂砾岩;3—基底花岗岩;4—油页岩;5—煤层;6—浅湖半深湖;7—重力流沉积;8—盆缘断裂

Fig.4 Ore-forming model of sub-deep lacustrine facies oil shale in the Dalianhe ore district

1—Sandstone; 2—Fan delta sandy conglomerate; 3—Granites in the basement; 4—Oil shale; 5—Coal seam;

6—Shallow lake and Semi-deep lake; 7—Gravity flow deposits; 8— Island paleo uplift

## 4 油页岩成矿规律

达连河组为一个完整的三级层序,由低水位体系域(LST)、水进体系域(TST)、高水位体系域(HST)和水退体系域(RST)组成。层序地层的4个体系域在湖相、深水沼泽相发育的前提下,如果有有机质演化具备良好的成矿条件,均可形成油页岩,但对依兰盆地层序地层中不同体系域内油页岩矿层的统计发现,层序中RST、LST为油页岩不发育层段,油页岩主要发育于HST、TST,这说明不同的体系域在形成油页岩时作用和地位差异较大,成矿规律不同<sup>[20,22,23]</sup>。

### 4.1 低水位体系域油页岩成矿

低水位体系域LST位于层序底部砂砾岩段,由于基准面下降相对幅度较低、盆地水体较浅,湖盆范围相对较小,在湖盆低凹处可形成暂时性泛滥盆地或浅水湖泊,原始有机质生产率低,聚集与保存条件差,有机质丰度低,所以低水位体系域(LST)油页岩一般不发育,只在局部相对较深水的环境中发育了较差的油页岩。

### 4.2 水进体系域油页岩成矿

水进体系域TST位于层序下部含煤、油页岩段,由于盆缘断层幕式活动的规模、幅度、强度变化,导致基底沉降的阶段性及可容纳空间的周期变化,控制着基准面快速上升和下降;基底下沉,基准面快速上升时期,产生了足够的可容纳空间,在缓坡处低洼陷区以深覆水沼泽沉积为主,形成古地貌型油页岩成矿,含油率高,在湖盆缓坡与陡坡中心过渡区为浅湖-半深湖沉积,也是品质良好的油页岩发育层位。特别是此处发育于该体系域顶部最大湖泛面附近的密集段(对应缓坡带中-下煤层),分布广泛,质纯色暗,为良好的沉积密集段型油页岩成矿。

### 4.3 高水位体系域油页岩成矿

高水位体系域HST位于层序中部油页岩段,形成于基准面缓慢上升和相对静止的高水位期,可容空间仍旧很大。在盆地缓坡湖盆边缘区,则为滨浅湖相,盆地缓坡与陡坡过渡区大部覆水较深,形成半深湖沉积,常发育色暗质纯、分布相对较广、厚度大的暗色泥岩,有机质含量变化较大,其底部最大湖泛面附近的油页岩层为良好的沉积密集段型油页岩成

矿,分布稳定,有机质丰度较高,厚度相对较薄,向深部可与水进体系域顶部沉积密集段型油页岩重合;在该体系域还发育了气候型油页岩成矿,品质相对较差。

#### 4.4 水退体系域油页岩成矿

水退体系域 RST 位于层序上部砂页岩段,形成于高水位晚期或基准面缓慢下降时期。由于基准面逐渐下降,沉积物的供给速率明显加大,湖岸线逐步向湖盆中央退却,形成进积式准层序组,一般不发育油页岩层,仅在盆地缓坡与陡坡中央过渡区浅湖相或半深湖沉积形成油页岩层,厚度小,分布范围局限,贫有机质,向上逐渐变差。

在层序地层格架基础上进行的油页岩发育特征、分布规律以及成矿类型控制因素分析表明,达连河矿区油页岩成矿规律具有如下特点:

①三级层序的高水位体系域(HST)与水进体系域(TST)控制了油页岩富集带分布。油页岩富集带常位于高水位体系域(HST)底部、水进体系域(TST)的顶、底部。

②不同成矿类型油页岩分布于层序的不同体系域,古地貌型、沉积密集段型油页岩成矿分布于水进体系域(TST),沉积密集段型、气候型油页岩成矿位于高水位体系域(HST)。

③含油率高的油页岩成矿常为古地貌型油页岩,分布于水进体系域(TST),范围局限;含油率较高的油页岩为沉积密集段型油页岩成矿,常分布于高水位体系域(HST),稳定分布,范围广。

④油页岩富集带分布于三级层序内水进体系域(TST),常与煤层互层,通常有朝湖盆中心方向发生迁移的趋势,从垂向看,一般为最大湖水期前和湖水期后为最佳聚煤期,湖水期成油页岩。

## 5 结论

(1)断陷型盆地油页岩成矿可划分成3种类型即古地貌型油页岩成矿、沉积密集段型油页岩成矿和气候型油页岩成矿。

(2)层序高水位体系域与水进体系域控制了油页岩富集带分布;不同成矿类型油页岩分布于层序的不同体系域,古地貌型、沉积密集段型油页岩成矿常分布于水进体系域,沉积密集段型、气候型油页岩成矿位于高水位体系域;最大湖水期前和湖水期后为最佳聚煤期,湖水期成油页岩。

## 参考文献(References):

- [1] 汤桦,白云来,吴武军,等. 中国西北新能源—油页岩典型特征及开发利用中的几个问题[J]. 中国地质, 2011, 38(3): 731-741.  
Tang Hua, Bai Yunlai, Wu Wujun, et al. Typical geological characteristics of the new energy resource of oil shale and some problems concerning its development and utilization[J]. Geology in China, 2011, 38(3): 731-741(in Chinese with English abstract).
- [2] 赵隆业,陈基娘,王天顺. 关于中国油页岩的工业成因分类[J]. 煤田地质与勘探, 1991, 19(5): 2-6.  
Zhao Longye, Chen Jiniang, Wang Tianshun. Industrial-original classification of Chinese oil shales[J]. Coal Geology and Exploration, 1991, 19(5): 2-6(in Chinese with English abstract).
- [3] 赵隆业,陈基娘,王天顺. 我国油页岩的成分和品级划分[J]. 现代地质, 1991, 5(4): 423-429.  
Zhao Longye, Chen Jiniang, Wang Tianshun. Composition and quality grading on China oil shale[J]. Geoscience, 1991, 5(4): 423-429(in Chinese with English abstract).
- [4] 王永莉,刘招君,荆惠林,等. 桦甸盆地古近系桦甸组油页岩矿床沉积特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2005, 35(6): 720-724.  
Wang Yongli, Liu Zhaojun, Jing Huilin, et al. Sedimentary characteristics of oil shale deposit of the Huadian formation of paleogene in Huadian Basin[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2005, 35(6): 720-724(in Chinese with English abstract).
- [5] 秦宏,姜秀民,孙健,等. 中国油页岩的能源利用[J]. 节能技术, 1997(12): 17-19.  
Qin Hong, Jiang Xiumin, Sun Jian, et al. Energy sources utilization of oil shales in China[J]. Energy Conservation Technology, 1997(12): 17-19(in Chinese with English abstract).
- [6] 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).
- [7] 鲍希波. 黑龙江省达连河矿区油页岩地质特征及矿产资源开发前景[J]. 黑龙江科技信息, 2012, 23: 65.  
Bao Xibo. Geological characteristics and development prospects of oil shale in Dalianhe mining area, Heilongjiang[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2012, 23: 65(in Chinese with English abstract).
- [8] 康学武. 浅谈达连河矿区油页岩矿床地质特征、分布及成藏规律[J]. 黑龙江科技信息, 2013, 6:68.  
Kang Xuewu. A brief introduction to geological features, distribution and accumulation rules of oil shale in Dalianhe mining area[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2013, 6: 68(in Chinese with English abstract).
- [9] 王世辉,陈春瑞,郑玉龙,等. 黑龙江省达连河油页岩地球化学特征及成因探讨[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(6): 933-937.  
Wang Shihui, Chen Chunrui, Zheng Yulong, et al. Study on

- geochemical characteristics and genesis of the dalianhe oil shale in Heilongjiang province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6): 933-937 (in Chinese with English abstract).
- [10] 白云来, 马龙, 吴武军, 等. 鄂尔多斯盆地油页岩的主要地质特征及资源潜力[J]. 中国地质, 2009, 36(5): 1123-1137.  
Bai Yunlai, Ma Long, Wu Wujun, et al. Geological characteristics and resource potential of oil shale in Ordos basin [J]. Geology in China, 2009, 36(5): 1123-1137 (in Chinese with English abstract).
- [11] 张健, 刘招君, 杜江峰, 等. 黑龙江省依兰盆地古近系达连河组油页岩沉积特征 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2006, 36(6): 980-985.  
Zhang Jian, Liu Zhao jun, Du Jiangfeng, et al. Sedimentary characteristics of the oil Shale in the Paleogene Dalianhe Formation in the Yilan basin, Heilongjiang Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36 (6): 980-985 (in Chinese with English abstract).
- [12] 张鑫刚, 刘志逊, 马腾, 等. 依兰盆地达连河组油页岩沉积特征及分布规律[J]. 地质科学, 2013, 48(3):932-944.  
Zhang Xingang, Liu Zhixun, Ma Teng, et al. Sedimentary characteristics and distribution rules of oil shale of Dalianhe Formation in Yilan Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2013, 48 (3): 932-944 (in Chinese with English abstract).
- [13] 杜江峰, 刘招君, 张健, 等. 吉林松江盆地大拉子组上段油页岩特征及成矿机制[J]. 中国地质, 2008, 35 (1): 79-87.  
Du Jiangfeng, Liu Zhaojun, Zhang Jian, et al. Characteristics and formation mechanism of oil shale in the upper member of the Dalazi Formation in the Songjiang basin, Jilin[J]. Geology in China, 2008, 35 (1): 79-87 (in Chinese with English abstract).
- [14] 柳蓉, 刘招君, 杜江峰, 等. 依兰盆地始新统达连河组油页岩成因新认识[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(4): 941-947.  
Liu Rong, Liu Zhaojun, Du jiangfeng, et al. New research on oil shale origin of Eocene Dalianhe formation in Yilan basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2012, 42(4): 941-94 (in Chinese with English abstract).
- [15] 姜剑虹, 王文化. 依兰矿区老第三纪聚煤环境与聚煤模式探讨 [J]. 煤炭技术, 2005, 24(2): 90-91.  
Jiang Jianhong, Wang Wenhua. Discussion on coal deposit environment and metallogenic mechanism of Paleocene in Yilan Diggings [J]. Coal Technology, 2005, 24 (2): 90-91 (in Chinese with English abstract).
- [16] 舒正文. 依兰矿区老第三纪达连河组聚煤环境及聚煤规律[J]. 中国煤田地质, 2006, 18(3): 20-22.  
Shu Zhengwen. Coal-forming environmental analysis of Dalianhe formation, Paleogene in Yilan mining area [J]. Coal Geology of China, 2006, 18(3): 20-22 (in Chinese with English abstract).
- [17] 刘招君, 董清水, 王嗣敏. 陆相层序地层学导论与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 90-109.  
Liu Zhaojun, Dong Qingshui, Wang Simin. Introduction to Continental Sequence Stratigraphy and Application [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 90-109 (in Chinese).
- [18] 柳蓉, 刘招君, 柳世友, 等. 依兰盆地煤与油页岩赋存特征及成矿规律研究[J]. 煤炭学报, 2012, 37(5): 776-781.  
Liu Rong, Liu Zhaojun, Liu Shiyu, et al. Coal and oil shale occurrence characteristic and metallogenic regularity in Yilan Basin [J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37 (5): 776-781 (in Chinese with English abstract).
- [19] 刘志逊, 黄文辉, 张家强, 等. 依兰煤田达连河矿区油页岩性质成因与潜力评价[M]. 北京: 地质出版社, 2011: 82-90.  
Liu Zhixun, Huang Wenhui, Zhang Jiaqiang, et al. The Characteristics, Genetics and Resource Potential of Oil Shale in Dalianhe Mining Area of Yilan, Heilongjiang Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011: 82-90 (in Chinese).
- [20] 张海龙, 刘招君, 史冀忠, 等. 罗子沟盆地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).
- [21] 曲延林, 马立军, 孙德忠. 黑龙江省油页岩资源分布及勘探开发布局[J]. 中国煤炭地质, 2011, 23(10):19-21.  
Qu Yanlin, Ma Lijun, Sun Dezhong. Oil shale resources distribution and exploration, exploitation arrangements in Heilongjiang Province [J]. Coal Geology of China, 2011, 23(10): 19-21 (in Chinese with English abstract).
- [22] 刘人和, 唐书恒, 梁峰. 我国东北地区伸展盆地油页岩成矿规律及控制因素研究[J]. 中国石油勘探, 2010, 10(6): 76-80.  
Liu Renhe, Tang Shuheng, Liang Feng. Study on basin oil shale metallogenic regularity and controlling factors of stretch in Northeast China [J]. China Petroleum Exploration, 2010, 10 (6): 76-80 (in Chinese with English abstract).
- [23] 厚刚福, 董清水, 于文斌, 等. 抚顺盆地油页岩地质特征及其成矿过程[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 36 (6): 991-995.  
Hou Gangfu, Dong Qingshui, Yu Wenbin, et al. Geological characteristics and the ore-forming process of the oil shale in the Fushun Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6): 991-995 (in Chinese with English abstract).

## Ore-forming models and types of oil shale in Dalianhe Formation of Yilan Basin

LIU Zhi-xun<sup>1</sup>, ZHANG Xin-gang<sup>1</sup>, MA Teng<sup>1</sup>, GE Zuo<sup>1</sup>, DAI Hong-zhang<sup>2</sup>

(1. *Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing, 100037, China*; 2. *College of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** The Dalianhe oil shale ore district lies in Yilan area of Heilongjiang Province, which is a half-graben faulted basin. The Paleogene Dalianhe Formation makes up a complete succession of the 3rd order. The oil shales were developed during the evolution of transgression and highstand systems tract. Two ore-forming models of Dalianhe oil shales were recognized in this paper, namely lake-swampy facies and sub-deep lacustrine facies. Oil shales of different oil shale reservoir accumulations are distributed in different system tracts.

**Key words:** oil shale; Dalianhe Formation; ore-forming model

---

**About the first author:** LIU Zhi-xun, male, born in 1964, doctor, senior researcher, engages in the study of energy geology; E-mail: zhixunl@sina.com.