

# 罗子沟盆地地下白垩统大砬子组油页岩 成矿规律分析

张海龙 刘招君 史冀忠 孟庆涛

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

**提要:**罗子沟盆地油页岩赋存于下白垩统大砬子组二段,埋藏浅,地层倾角缓,含油率为 3.51%~14.37%。油页岩具有典型内陆湖泊成因特点,含有大量动植物化石,其成因类型为腐泥型(I型)和腐植腐泥型(II<sub>1</sub>型)。大砬子组为一个完整的三级层序,主要油页岩层形成在水进体系域和高水位体系域,含油率高,赋存稳定。从平面上,油页岩富矿中心在 CK26、CK30、CK35、CK40 孔附近,呈东西向带状分布;在纵向上,共见有 29 层油页岩,其中有 7 层为可采油页岩层,2 层和 3 层油页岩呈层状产出,连续、稳定、含油率高,具有巨大的经济开发价值。

**关键词:**罗子沟盆地;大砬子组;油页岩;成矿规律

**中图分类号:**P618.12 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2007)01-0086-06

中国是一个油页岩资源十分丰富的国家,按油页岩资源探明储量统计,仅次于美国、巴西和爱沙尼亚,居世界第四位<sup>[1]</sup>。能源资源是人类社会繁荣发展至关重要的因素,而当今人们越来越面临能源资源匮乏的严峻挑战。全球石油需求将以每年 1.9% 的速度增长,到 2025 年全球石油平均日需求量将从 2001 年的 7700 万桶上升到 1.21 亿桶,其中美国和亚洲发展中国家的增长量占到 60% 左右<sup>[2]</sup>。据美国 Oil and Gas Journal 2003 年统计表明,世界石油剩余可采储量为 1567 亿 t,约合 11486 亿桶,照此需求供给,不到 30 年石油就面临枯竭。并且,现今的石油产量不断递减,在今后 10~20 年间石油的供求之间将会出现巨大的差距,油页岩等非常规资源将作为重要的油气资源替代产品来弥补这个差距<sup>[3]</sup>。油页岩资源是中国油气资源的重要现实补充,在油气资源供需形势日趋严峻的情况下,加强油页岩资源研究,具有重要的现实意义。刘招君等<sup>[4]</sup>把油页岩定义为:油页岩(又称油母页岩)是一种高灰份的固体可燃有机矿产,低温干馏可获得页岩油,含油率>3.5%,有机质含量较高,主要为腐泥型、腐殖腐泥型、腐泥腐殖型,其发热量一般 $\geq 4.18$  KJ/g。

油页岩沉积在各大洲的陆相湖泊、滨浅海、沼泽的还原环境中<sup>[5]</sup>,它形成在有一定水体深度的环境中,该环境既有丰富的陆源高等植物碎屑,又有丰富的水下植物和低等浮游生物,包括细菌和藻类<sup>[6]</sup>。油页岩的原生物质主要是由藻类等低

等浮游生物经腐化作用和煤化作用而生成。一些微小动物、高等水生或陆生植物的残体,如孢子、花粉、角质等植物组织碎片也参与油页岩的生成。

中国油页岩主要分布于 20 个省(区),其中主要集中在吉林省,其查明资源储量占全国油页岩资源储量的一半以上。然而中国对油页岩的研究多数仅止于其开发和利用,而其成矿规律、形成环境和形成条件究竟是什么却研究得比较少。

吉林省汪清县罗子沟油页岩开发利用始于 1958 年,在国家支持下,由延边朝鲜族自治州石油公司筹建了汪清县罗子沟炼油厂,总投资约 300 万元,生产页岩油 40 t,由于当时设备落后及其他原因,于 1960 年停产。2003 年,辽宁省葫芦岛龙腾投资咨询有限公司计划投资 8 亿元人民币,在罗子沟建设油页岩综合开发利用工程。该项工程分三期建设完成,时间跨度为 2004—2007 年,工程完成后可形成年产 300×10<sup>4</sup> t 矿石、20×10<sup>4</sup> t 页岩油、5 000 Kg 稀有贵金属提炼厂等相关工程。总结分析油页岩成矿规律,对油页岩的勘查开发和资源预测具有指导意义。

## 1 地质概况

罗子沟油页岩矿区位于吉林省汪清县罗子沟镇西侧 3 km 处,汪清县城北东 40° 方位,地理坐标为东经 130°10'30"~130°23'00",北纬 43°38'00"~43°50'00"。罗子沟盆地地处长白山北

收稿日期:2006-10-24;改回日期:2006-11-14

基金项目:国家重大专项——全国油页岩资源评价项目(ZP-Y-01)资助。

作者简介:张海龙,男,1966 年生,博士生,高级工程师,主要从事煤田地质学研究;E-Mail :zhanghl6688@shou.com。

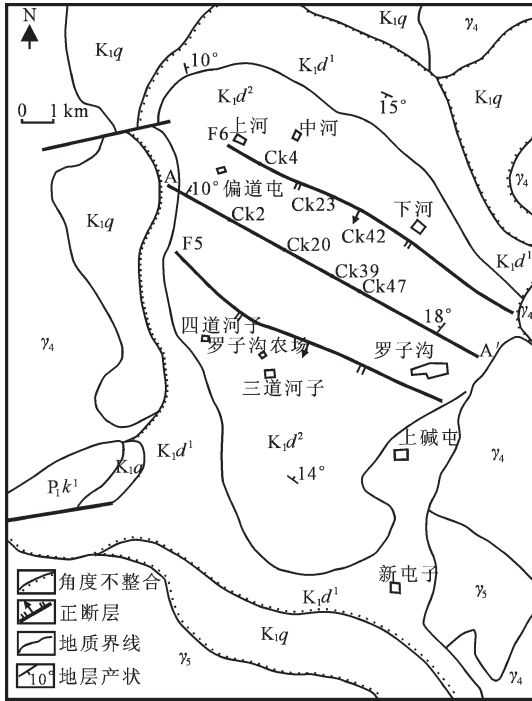


图 1 罗子沟盆地地质及工程部署图(据脚注①修改)  
 $K_{1d^1}$ —大砾子组下段; $K_{1d^2}$ —大砾子组上段; $K_{1q}$ —泉水村组;  
 $P_1k^1$ —柯岛组;CK20—钻孔编号;A-A'—剖面线;  
 $\gamma_4$ —海西期花岗岩; $\gamma_5$ —燕山期花岗岩

Fig.1 Geology of the Luozigou basin and project layout  
 $K_{1d^1}$ —Lower Member of the Dalazi Formation; $K_{1d^2}$ —Upper Member of the Dalazi Formation; $K_{1q}$ —Quanshuicu Formation;  
 $P_1k^1$ —Kedao Formation;CK20—borehole number;A-A'—section;  
 $\gamma_4$ — Hercynian granite;  $\gamma_5$ — Yanshanian granite

段老岭东麓,矿区位于罗子沟盆地的中北部,属丘陵地形。

1.1 构造背景

区域构造归属于两江—安图北东向构造带北端,盆地总体受北东向构造控制,北东向构造与早期的北西向构造复合控制了盆地的形成。区内主要发育有 3 组断裂构造,即北东向、南北向和北西向断裂。中生代罗子沟盆地总体呈近南北向展布,由于受北东向水平挤压构造影响,下白垩统形成轴向为北西的宽缓向斜。盆地形成初期,构造与火山活动较强,形成了基底火山熔岩。晚期火山活动停止,形成了正常碎屑岩沉积。盆地湖水相对稳定,生物大量繁殖,为该区油页岩矿床的形成创造了有利的地质环境。矿区内主要断层有 F5、F6 断层(图 1),均为后生断层。矿区地层总体走向北西,倾向北东,倾角  $4^\circ\sim 6^\circ$ ,为简单的单斜岩层。

1.2 地层

罗子沟盆地出露的地层主要有中生界白垩系大砾子组砾岩、砂岩、页岩,泉水村组火山熔岩、碎屑岩,基底为古生界二叠系柯岛组浅变质岩系。区内岩浆岩主要有海西期花岗岩

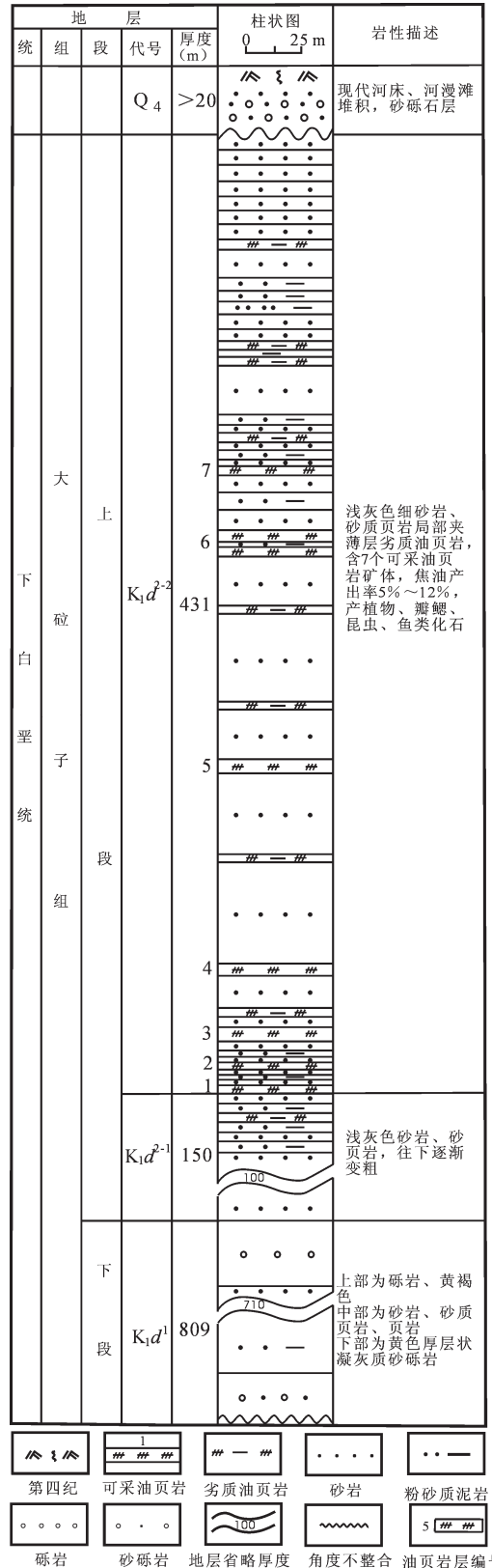


图 2 罗子沟盆地地层综合柱状图

Fig.2 Composite stratigraphic column of the Luozigou basin

①吉林省第六地质调查所.吉林省汪清县罗子沟矿区油页岩矿补充详查报告,2003.

和燕山期花岗岩。

大砂子组分上、下两段,下段仅分布于矿区北东隅,上段分布范围较大,29层油页岩矿床都赋存在上段。下段下部为黄色厚层状凝灰质砂砾岩,中部为砂岩、砂质页岩,上部为黄褐色砾岩;上段下部为浅灰色砂岩、页岩,往上逐渐变细,含10层不可采油页岩,上部为浅灰色细砂岩、砂质页岩、油页岩,含19层油页岩,其中有7层可采油页岩矿体(图2)。

## 2 油页岩特征

罗子沟盆地油页岩矿区共有29层油页岩,其中有7层可采。从下至上第13层(矿体编号为2)和第15层(矿体编号为3)为主要可采油页岩层(表1),呈层状产出,其余形态为似层状和透镜状(表1)。

罗子沟盆地油页岩为黑、灰黑色,褐色条痕,块状构造,少成片状,具油腻感,坚韧而不易破碎,断口为贝壳状或参差状,用刀刮起卷,用明火即可点燃,冒浓烟,并伴有浓烈沥青味。普遍含有丰富的植物碎屑及动物化石,动物化石主要为

瓣鳃类、鱼类。

油页岩含油率3.51%~14.37%,平均6.04%,发热量20.35 MJ/kg,灰分76.39%,水份1.07%,全硫0.55%。其中2、3层油页岩品质好、赋存稳定、资源储量大,具有代表性。第3层油页岩含油率在3.56%~11.21%(表1)。

按原始植物组成成因,将油页岩划分为3种类型:腐泥型、腐殖型、混合型(腐殖腐泥型、腐泥腐殖型)<sup>[7]</sup>。通过测定油页岩C、H、O、N、S化学元素成分,油页岩中有机碳含量较高,达70.06%。油页岩的H/C原子比为1.35、O/C原子比为0.09,根据化学分类原则,罗子沟油页岩成因类型属于腐殖腐泥型(II1型)。通过测定热解焓量 $S_2$ 和热解有机二氧化碳量 $S_3$ ,计算出类型指数 $It(S_2$ 与 $S_3$ 的比值)为96.50,降解潜率D(由 $S_2$ 与换算的有效碳与总有机碳的比值)为48.97277283%,依据热解法,罗子沟油页岩成因类型属于腐泥型(I型)和腐殖腐泥型(II1型)。综合分析认为罗子沟油页岩成因类型属于腐泥型(I型)和腐殖腐泥型(II1型)。

## 3 油页岩成矿规律分析

### 3.1 油页岩形成环境

罗子沟油页岩矿床成因类型属于内陆湖泊型沉积矿床。含矿层系的砂质页岩、泥质页岩、油页岩层普遍含有大量的植物碎屑、鱼类、瓣鳃类化石,油页岩中有机组分丰富,说明沉积时期湖水相对稳定,自然生态条件较好,对生物大量繁殖极为有利,丰富的有机物质伴随泥质、粉砂质沉积在湖盆的底部,在深水以及水面滞流的还原环境,在厌氧细菌的活动下以及大量粉砂、淤泥的渗入中,形成了含矿物杂质较多的腐泥物质,为油页岩的形成创造了良好的基础。白垩系大砂子组时期,发育水平层理、斜交层理、同生水下滑动构造(揉皱构造),表现为湖相夹水下重力流沉积特征。

### 3.2 油页岩沉积环境

从罗子沟盆地地层综合柱状图(图2)上可知,罗子沟盆地大砂子组为一个完整的三级层序,其中大砂子组下段( $K_1d^1$ )为低水位体系域,大砂子组上段( $K_1d^2$ )发育水进体系域、高水位体系域和水退体系域(图3)。

低水位体系域:罗子沟大砂子组下段低水位体系域形成于盆地发育初期,岩性为砾岩、砂岩、砂质页岩,以冲积扇和三角洲沉积为主。见有小型进积准层序组结构。

水进体系域:水进体系域形成在连续湖侵造成的湖平面上升期,由首次湖泛面与最大湖泛面所限定,沉积速率小于可容空间增加速率。从大砂子组上段A-A'沉积岩性断面图(图3)可知,大砂子组上段下部( $K_1d^{2-1}$ )为水进体系域,岩性为砂岩、砂质页岩和油页岩,总体上由下往上逐渐变细,形成典型的退积型叠加方式,以最大湖泛面即1层(从下至上第11层)油页岩底界为顶面。含有10层(从下至上第1层至第10层)油页岩,均为似层状,为不可采油页岩层,含油率在3.60%~7.88%。

高水位体系域:大砂子组上段上部( $K_1d^{2-2}$ )发育高水位

表1 矿体赋存特征

Table 1 Modes of occurrence of oil shale

| 矿体编号 | 矿体形态 | 矿体厚度/m    | 含油率/%      | 与下层间距/m     |
|------|------|-----------|------------|-------------|
| 7-2  | 似层状  | 0~1.40    | 4.17~5.31  | 12.82~23.70 |
| 7-1  | 似层状  | 0~1.56    | 3.51~7.44  | 1.77~12.00  |
| 7    | 透镜状  | 0~4.46    | 3.70~8.35  | 0~13.64     |
| 6-4  | 似层状  | 0~0.82    | 4.30~6.18  | 3.39~23.00  |
| 6-3  | 似层状  | 0~1.67    | 3.76~7.61  | 1.96~23.44  |
| 6    | 透镜状  | 0~4.15    | 3.65~14.37 | 1.06~38.12  |
| 5-5  | 透镜状  | 0~2.05    | 3.71~9.71  | 1.00~10.31  |
| 5-4  | 似层状  | 0~1.54    | 3.57~5.89  | 10.63~62.22 |
| 5-3  | 透镜状  | 0~3.53    | 3.56~8.46  | 4.06~63.12  |
| 5    | 透镜状  | 0~3.60    | 3.71~10.86 | 29.37~47.05 |
| 4-1  | 透镜状  | 0~2.87    | 4.02~5.97  | 30.92~43.21 |
| 4    | 透镜状  | 0~4.86    | 3.58~8.88  | 6.78~20.82  |
| 3-2  | 透镜状  | 0~4.45    | 3.71~6.27  | 2.07~10.49  |
| 3-1  | 透镜状  | 0~6.05    | 3.52~10.06 | 0.90~17.38  |
| 3    | 层状   | 1.00~7.00 | 3.56~11.21 | 0~8.00      |
| 2-1  | 透镜状  | 0~3.00    | 3.60~5.85  | 0~7.23      |
| 2    | 层状   | 0.84~5.00 | 3.58~11.06 | 1.00~1.36   |
| 1-1  | 似层状  | 0~1.00    | 3.51~5.41  | 3.00~12.64  |
| 1    | 透镜状  | 0~3.80    | 4.04~10.33 | 1.00~1.50   |
| 0    | 似层状  | 0~1.74    | 3.60~5.62  | 1           |
| -1   | 似层状  | 0.86      | 5.22       | 0.77        |
| -2   | 似层状  | 1         | 5.56       | 1           |
| -3   | 似层状  | 1         | 7.88       | 2           |
| -4   | 似层状  | 1         | 4          | 1           |
| -5   | 似层状  | 2         | 4.06~5.68  | 2           |
| -6   | 似层状  | 1         | 6.32       | 3           |
| -7   | 似层状  | 2         | 4.98~5.24  | 2           |
| -8   | 似层状  | 1.33      | 5.66       | 2.88        |
| -9   | 似层状  | 4.77      | 3.66~7.56  |             |

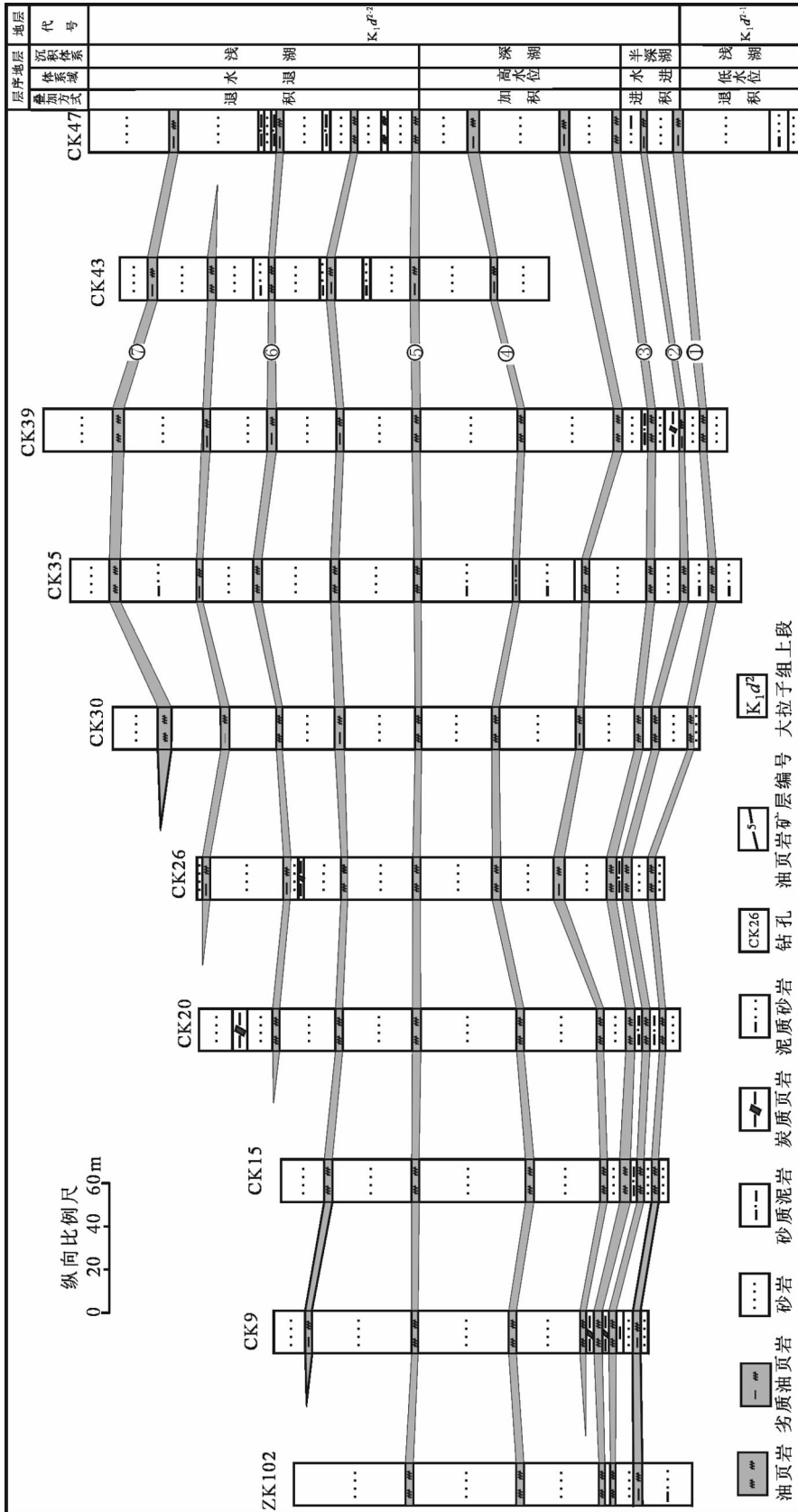


图 3 罗子沟油页岩大砾子组上段 A-A' 沉积岩性断面图  
Fig.3 Sedimentary section A-A' of the Upper Member of the Dalazi Formation in the Luozigou basin

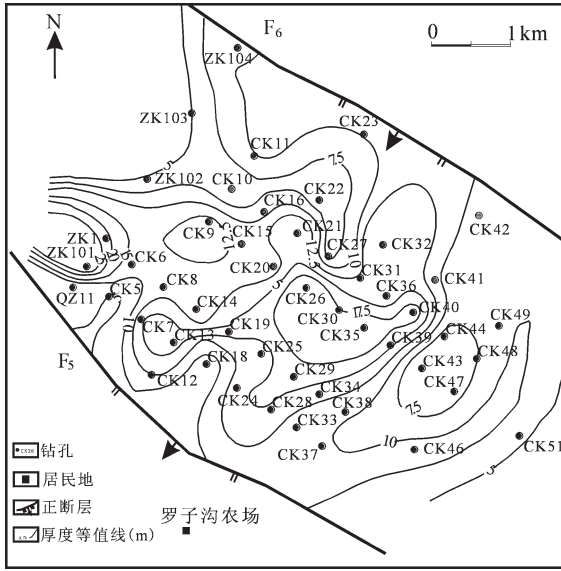


图4 罗子沟盆地油页岩厚度等值线图

Fig.4 Thickness isolines of oil shale in the Luozigou basin

体系域和水退体系域。高水位体系域形成于湖泊水体相对静止的高水位期,以最大湖泛面即以1层(从下至上第11层)油页岩为底界,以水退下超面即以5层(从下至上第20层)油页岩为顶界。共含有10层油页岩(从下往上第11层至第20层),含油率进一步增高,最高为11.21%。有5层可采油页岩层(1~5层),尤其是2层和3层油页岩在整个盆地都很发育,品位最好,且分布非常稳定。从岩性断面图(图3)可知,1层至5层油页岩叠加方式为典型加积型准层序组结构。

水退体系域: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。以水退下超面即以5层油页岩为底界。从北西向南东呈现典型进积式沉积。沉积物粒度向上变粗,砂岩成分增多。共含有9层油页岩(从下往上第21层至第29层),均为似层状或透镜状,有6层和7层两层可采油页岩层。

### 3.3 油页岩分布特征

油页岩平面分布特征:从吉林省汪清县罗子沟矿区油页岩层厚度等值线图可知(图4),富矿中心在CK26、CK30、CK35、CK40孔附近,呈东西向带状分布。本矿区油页岩矿最大厚度可达20 m,最小厚度达5 m,平均厚度为12.5 m,平均含油率为7.29%。此外,在CK6、CK19、CK20、CK36孔附近也有较厚的油页岩分布,厚度8~15 m,平均含油率6.11%。

油页岩纵向赋存特征:根据矿区油页岩矿体的地表出露及深部工程控制情况分析,共见有29层油页岩,其中有7层为可采油页岩层,1~5层油页岩矿体地表出露于矿区的南西侧1~9号勘探线之间,6~7层油页岩矿体地表出露于周瓜沟及矿区的东侧6~11号勘探线之间。油页岩层总体上沿走向、倾向

层位稳定、连续,个别油页岩层局部见有尖灭、相变现象,其尖灭端往往相变为砂质页岩、泥质页岩等。其中2层和3层油页岩呈层状产出,连续、稳定、含油率高,为主要油页岩层,其余各层呈似层状或透镜状产出,连续、稳定性差些(图3、表1)。

## 4 结论

(1)罗子沟盆地油页岩赋存浅,地层倾角缓 $4^{\circ}$ ~ $6^{\circ}$ ,含油率为3.51%~14.37%,平均6.04%,发热量20.35 MJ/kg,灰分76.39%,水份1.07%,全硫0.55%,为优质油页岩矿床,具有巨大的经济开发价值。

(2)罗子沟盆地具有典型的内陆湖泊成因特点。油页岩层含有大量的植物碎屑、鱼类、瓣鳃类化石,说明油页岩中有机成分为动、植物混杂堆积而成的。罗子沟油页岩成因类型为腐泥型(I型)和腐植腐泥型(II<sub>1</sub>型)。

(3)罗子沟盆地大砂子组经历了低水位体系域、水进体系域、高水位体系域和水退体系域,为一个完整的三级层序。主要油页岩层形成在水进体系域和高水位体系域,含油率高,赋存稳定。

(4)在平面上,富矿中心在CK26、CK30、CK35、CK40孔附近,呈东西向带状分布。油页岩层最大累计厚度可达20 m,最小厚度为5 m,平均含油率为6.04%。在纵向上,油页岩层总体上沿走向、倾向层位稳定、连续,个别油页岩层局部见有尖灭、相变现象。共见有29层油页岩,其中有7层为可采油页岩层,2层和3层为主要油页岩层,呈层状产出,连续、稳定,含油率高。其余各层呈似层状或透镜状产出,连续、稳定性差。

### 参考文献(References):

- [1] Knutson C F. Developments in oil shale in 1989 [J]. AAPG, 1990,74:372-379.
- [2] 美国能源部能源信息署.国际能源展望2004[M].清华清洁能源研究与教育中心译.北京:清华大学出版社,2004:1-55.  
Energy Information Administration, U.S Department of Energy. International Energy Outlook 2004 [M]. Translated by Tsinghua Clear Energy Research and Education Center. Beijing:Tsinghua University Press, 2004:1-55(in Chinese).
- [3] 侯祥麟.中国页岩油工业[M].北京:石油工业出版社,1984:1-28.  
Hou Xianglin. Oil Shale Industry of China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press,1984:1-28(in Chinese).
- [4] 刘招君,柳蓉.中国油页岩特征及开发利用前景分析[J].地质科学,2005,12(3):315-323.  
Liu Zhaojun, Liu Rong. Characteristics of oil shale and forth expectation of its use and utilization in China[J]. Geological Science Frontier,2005,12(3):315-323(in Chinese with English abstract).
- [5] Dyni J R. Geology and resources of some world oil shale deposits [J]. Oil Shale, 2003, 20(3):193-25.
- [6] 关德师,牛嘉玉,郭丽娜,等.中国非常规油气地质[M].北京:石油工业出版社,1995:228-287.  
Guan Deshi, Niu Jiayu, Guo Lina, et al. Unconventional Geology

of Gas-oil in China [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1995: 228-287(in Chinese).

- [7] 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)2005,11:723.

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, 11:723(in Chinese with English abstract).

## Formation characteristics of oil shale in the Lower Cretaceous Dalazi Formation in the Luozigou basin

ZHANG Hai-long, LIU Zhao-jun, SHI Ji-zhong, MENG Qing-tao

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

**Abstract:** Oil shale of the Luozigou basin is hosted in the 2nd Member of the Lower Cretaceous Dalazi Formation. It is buried at shallow depth with a gentle dip of strata and contains 3.51 to 14.37wt% of oil equivalent. Oil shale formed in a typical inland lake environments and contains many animal and plant fossils. Its genetic types are sapropel type ( I model) and saprolite-sapropel type ( II<sub>1</sub> model). The Dalazi Formation is a complete third-order sequence and the main oil shale beds, which have a high oil content and are persistent, formed in a transgressive systems tract (TST) and a highstand systems tract (HST). In a plan view, high-grade oil shale is located near the CK26, CK30, CK35 and CK40 holes and distributed in an E-W-trending strip. Vertically, a total of 29 oil shale beds are found, of which seven beds are extractable. Oil shale beds 2 and 3 occur as continuous and persistent beds with a high oil content. They have great economic value.

**Key words:** Luozigou basin; Dalazi Formation; oil shale; formation characteristics

---

**About the first author:** ZHANG Hai-long, male, born in 1966, Ph.D and senior engineer, mainly engages in research on coal geology; E-mail: zhanghl6688@sohu.com.