

文章编号: 1001-6112(2008)03-0270-06

# 敦化盆地烃源岩地球化学特征及其生烃潜力

于明德<sup>1,2</sup>, 王璞珺<sup>1</sup>, 蒋永福<sup>2</sup>, 张 斌<sup>1</sup>

(1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130061; 2. 中国石油化工股份有限公司 河南油田分公司 石油  
勘探开发研究院, 河南 南阳 473132)

**摘要:**敦化盆地为一中生代断拗叠合型裂谷盆地, 至今勘探程度极低, 为搞清其烃源岩地球化学特征及其生烃潜力, 在地质综合研究基础上, 通过系统分析化验法及地震地质生烃模拟法研究表明: 盆地发育下白垩统、古近系、新近系 3 套湖相烃源岩, 前两者为主力烃源岩, 新近系下段仅为低成熟烃源岩; 其中, 下白垩统烃源岩分布面积 342 km<sup>2</sup>, 平均有效厚度约 300 m, 有机碳含量为 2.11%~3.88%, 类型为 II<sub>2</sub>-III 型, R<sub>o</sub> 值 0.8%~1.3%; 古近系烃源岩在北部凹陷分布面积 430 km<sup>2</sup>, 平均有效厚度约 400 m, 有机碳含量为 2.98%~4.18%, 类型为 II<sub>2</sub>-III 型, R<sub>o</sub> 值 0.5%~1.2%, 二者均为成熟优质烃源岩。盆地油气总资源量约 1.24×10<sup>8</sup> t, 表明本区具备形成中小型油气田的物质条件, 具有较好的油气勘探前景。

**关键词:**生烃潜力; 有机质丰度; 成熟度; 烃源岩; 敦化盆地

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

## GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOURCE ROCKS AND ITS HYDROCARBON GENERATION POTENTIAL IN THE DUNHUA BASIN

Yu Mingde<sup>1,2</sup>, Wang Pujun<sup>1</sup>, Jiang Yongfu<sup>2</sup>, Zhang Bin<sup>1</sup>

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Henan Oilfield Branch Company, SINOPEC, Nanyang, Henan 473132, China)

**Abstract:** The Dunhua Basin is a Mesozoic and Cenozoic rift basin with superimposed fault-depression in eastern China. Its exploration level is very low. To understand its geochemical characteristics and hydrocarbon generation potential, it has been done quantities of experiments by the method of systematic analysis and the simulation of seismic-geology hydrocarbon-generation based on seismic-geology integrated research. These investigations indicate that there are three sets of lacustrine source rocks which are developed in the Dunhua Basin: Lower Cretaceous, Paleogene and Neogene. The Lower Cretaceous and Paleogene are major source rocks. The Lower Neogene is only lower mature source rock. The Lower Cretaceous source rock covers an area of 342 km<sup>2</sup>, the average effective thickness is 300 m, the organic carbon is 2.11%~3.88%, the type is II<sub>2</sub>-III, R<sub>o</sub> is 0.8%~1.3%. The Paleogene source rocks cover an area of 430 km<sup>2</sup>, the average effective thickness is about 400 m, the organic carbon is 2.98%~4.18%, the type is II<sub>2</sub>-III, R<sub>o</sub> is 0.5%~1.2%. They are both matured hydrocarbons. The total resource of oil and gas is about 1.24×10<sup>8</sup> t. It shows that the area has the potential of forming a medium-sized oil-gas field and it has better prospectation.

**Key words:** hydrocarbon-generation potential; abundance of organic matter; maturity; source rocks; the Dunhua Basin

敦化盆地位于敦密地堑中段<sup>[1~5]</sup>, 西望蛟河盆地, 东至长白山老爷岭, 南邻桦甸盆地, 北接宁安盆地(图 1); 行政上隶属于吉林省敦化市和黑龙江省宁安市, 盆地呈 NEE 向展布, 长约 160 km, 宽约

50 km, 面积 5 700 km<sup>2</sup>, 与依兰—伊通地堑<sup>[1~7]</sup>类似, 为一典型的在印支—燕山早中期吉黑东部<sup>[8]</sup>区域隆升背景之上、受滨太平洋体系影响及郯庐断裂活动发育而成的中生代叠合盆地。1957—2003

收稿日期: 2007-05-18; 修订日期: 2008-03-31。

作者简介: 于明德(1969—), 男, 高级工程师, 博士生, 主要从事油气勘探综合研究工作。E-mail: yjyymd@sina.com。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2006CB701403)。

年,该盆地除开展区域地质调查和煤田勘探外,仅完成了部分重磁力普查和30多口煤田钻孔<sup>[1~4]</sup>,2004年以来中石化先后完成了1:100 000、面积约4 760 km<sup>2</sup>的高精度重、磁力测量,5条266 km的大地电磁测量和19条450.82 km的二维地震。然而,该盆地烃源岩分布、有机地球化学特征及资源潜力均处于未知状态,因此研究其烃源岩、评价盆地的生烃潜力<sup>[9~12]</sup>对该区的油气勘探非常重要。

## 1 地质概况

根据敦化盆地沉积充填特征、基底与盖层构造形成与演化过程,结合地震地质剖面发育史研究表明:敦化盆地的形成经历了早白垩世敦密断裂左旋走滑背景下的裂陷—晚白垩世隆升剥蚀、古近纪再次拉张断陷、新近纪拗陷及喜马拉雅山晚期强烈的基性火山喷溢等多个演化阶段。据重、磁、电、震等资料研究表明,盆地具有“两凹一凸”的构造格局,自南而北划分为南部凹陷、中央凸起和北部凹陷,其中,北部凹陷自西而东进一步划分为黑石断阶带、镜泊湖次凹和大沟斜坡带3个二级构造单元;盆地自下而上可划分为前中生界、下白垩统、古近系和新近系等4个构造层;盆地基底为新太古界夹皮沟群、古生界寒武系—奥陶系青龙村群、二叠系庙岭组、柯岛组、青沟子组以及中生界三叠系托盘沟组,其上主要发育下白垩统、古近系、新近系3套沉积盖层。

下白垩统呈条带状残存于盆地的北中部,最大厚度1 600 m,主要为一套湖相暗色细碎屑岩。其下部可能为一套火山碎屑岩,上部为一套湖相砂泥岩,部分湖沼相含煤。

古近系珲春组在全盆地都有发育,其沉积保存较厚区主要分布于北部凹陷,最大沉积厚度1 050 m,主要为一套湖相细碎屑岩。盆内黑石、官地等地煤田浅钻揭示,该套地层岩性主要为灰色砂砾岩与泥页岩不等厚互层夹褐煤,浅钻揭示最大厚度581 m,可分为上下两段:上段(粗碎屑岩段)厚度30~254 m,主要为灰白色含砾砂岩、细粉砂岩和深灰色泥岩不等厚互层,含2层褐煤;下段(细碎屑岩段)ZK904钻孔(图1)揭示最大厚度200.24 m,岩性为灰白色含砾砂岩、细粉砂岩与灰色、深灰色、灰黑色泥岩、碳质泥岩及页岩、油页岩。

新近系全盆分布,现今在北部凹陷保存较厚,最大厚度2 200 m,顶部为基性玄武岩及现代沉积物,中下部主要为湖相暗色细碎屑岩沉积。

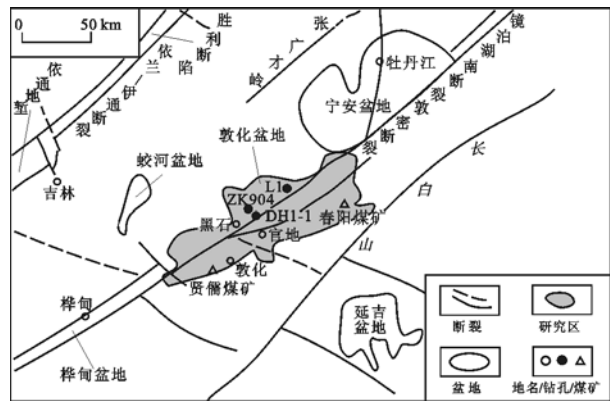


图1 敦化盆地地区构造位置

Fig. 1 Regional structural location of the Dunhua Basin

## 2 烃源岩分布特征

在研究区周缘露头地质调查、煤田浅钻岩心观测描述和地震地质综合研究基础上,分析了敦化盆地自上而下所主要发育的第三系和下白垩统烃源岩的分布特征。

### 2.1 第三系烃源岩

#### 2.1.1 纵向特征

盆内敦化县、黑石—官地地区煤田钻孔揭示第三系烃源岩厚度约80~517 m,烃源岩与地层厚度比约为20%~50%,揭示的暗色泥岩厚度和含量从凹陷边缘到半深凹区,在新近系和古近系厚度均表现为逐渐增大的趋势。其中,盆内至今最深的一口煤田钻孔DH1-1孔(图1)揭示新近系、古近系烃源岩厚度分别为257 m和260 m,依次占相应地层的40%和45%。结合依兰—伊通地堑古近系烃源岩/地层厚度比与敦化盆地的地震地质综合研究成果,推测敦化盆地北部凹陷主体部位烃源岩/地层厚度比约为50%~60%,边缘斜坡区烃源岩/地层比约为30%~50%。

#### 2.1.2 平面特征

古近系珲春组和新近系土门子组暗色泥岩主要分布于北部凹陷敦密断裂与镜泊湖南断裂之间,其中,新近系和古近系烃源岩一般厚度分别为100~400 m和150~600 m,在镜泊湖次凹沉积中心最大厚度分别可达800 m和1 000 m。

### 2.2 下白垩统烃源岩

下白垩统主要残存于北部凹陷镜泊湖次凹内,最大地层厚度1 600 m;其中,帽儿山组厚500~700 m,长财一大砬子组最大厚度约900 m。据延吉盆地<sup>[13,14]</sup>钻井揭示下白垩统烃源岩/地层厚度比介于40%~84%,结合地震地质研究成果,推测敦化盆地

烃源岩/地层厚度比应在 30%~65% 以上, 据此推算敦化盆地下白垩统烃源岩厚度为 100~650 m。

### 3 烃源岩有机地球化学特征

本次研究, 样品均采集于盆地周缘露头、盆内煤田或煤矿浅钻岩心, 如 DH1—1 孔、L1 孔、黑石—官地的其它煤田浅井, 以及敦化东北的春阳煤矿和敦化南部的贤儒煤矿。研究的基础是地震地质综合研究成果, 研究采用的方法主要是系统分析化验法及地震地质生烃史模拟法相结合。

#### 3.1 第三系烃源岩

##### 3.1.1 有机质丰度及类型

盆地内煤田岩心样品分析揭示, 新近系土门子组和古近系珲春组暗色泥岩、碳质泥岩和煤的有机质丰度较高。其中, 黑石地区 DH1—1 的古近系与新近系暗色泥岩有机碳分析样品数分别为 22 块、18 块, 氯仿沥青“A”的分析统计样品数分别为 8 块、1 块, 总烃分析样品数分别为 6 块、1 块。DH1—1 样品分析统计表明: 新近系与古近系暗色泥岩有机碳平均值分别为 1.18% 和 3.63%, 氯仿沥青“A”平均值分别为 0.004 4% 和 0.177 0%, 总烃平均值分别为 22.5 μg/g 和 340 μg/g(图 2)。

L1 孔样品分析统计表明: 古近系暗色泥岩有机碳、氯仿沥青“A”、总烃平均值分别为 0.97%, 0.282% 和 242 μg/g; 黑石—官地地区的钻孔样品分析统计表明: 古近系暗色泥岩有机碳、氯仿沥青“A”和总烃平均值分别为 3.97%, 0.259% 和 494 μg/g; 新近系暗色泥岩有机碳、氯仿沥青“A”和总烃平均值分别为 1.25%, 0.221% 和 485 μg/g(表 1)。

根据湖相泥岩有机质丰度的评价标准<sup>[15~17]</sup>, 研究区煤田浅井第三系烃源岩有机质丰度综合评价为好—很好烃源岩。这些烃源岩分析数据源自凹陷的边缘煤田浅井, 推测在盆地深凹区, 烃源岩的有机质丰度会更高。

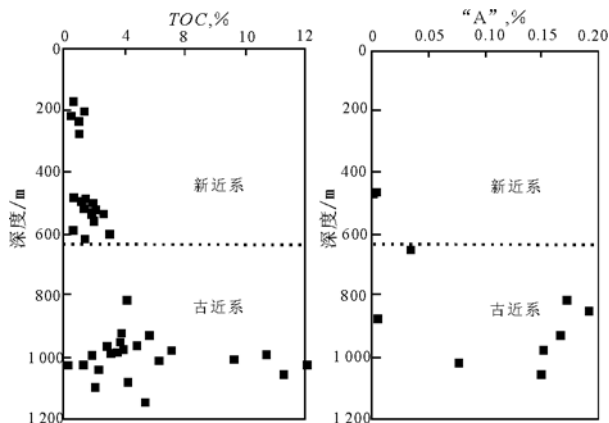


图 2 敦化盆地 DH1—1 孔第三系暗色泥岩丰度  
Fig. 2 Tertiary dark mudstone abundance diagram of core-sections DH1—1 in the Dunhua Basin

敦化盆地煤田浅井第三系暗色泥岩干酪根镜鉴表明: 显微组分以镜质组为主, 部分壳质组和惰质组, 无腐泥组, 镜质组所占比例为 2/3~4/5; 干酪根元素 H/C 原子比介于 0.98~1.15, 平均 1.07; O/C 原子比介于 0.20~0.35, 平均 0.26; 饱和烃色谱奇数碳优势明显, 主峰碳主要为  $nC_{29}$ ,  $nC_{27}$  所占极少, OEP 值平均 3.66, 饱/芳比 0.86~2.83, 平均 1.66。据陆相烃源岩有机质类型划分标准<sup>[15~17]</sup>, 综合分析认为敦化盆地新近系和古近系暗色泥岩有机质类型以 II<sub>2</sub>—III 型为主, 少量 II<sub>1</sub> 型。

##### 3.1.2 有机质成熟度

盆地浅井 DH1—1 和 L1 第三系 33 块样品的实测烃源岩岩心镜质体反射率值(图 3)表明:  $R_o$  为 0.27%~0.48%, 氯仿沥青“A”/TOC 介于 0.95%~7.27%, 平均 3.56%; 饱和烃色谱主峰碳主要位于  $nC_{27}$ ~ $nC_{29}$ , OEP 值主要介于 2.64~6.16, 平均 3.87, CPI 值主要介于 1.48~5.61, 平均 3.77, 具有明显的奇数碳优势,  $\sum nC_{21}^- / \sum nC_{22}^+$  值主要介于 0.02~0.42, 平均 0.14,  $nC_{21+22} / nC_{28+29}$  值主要介于 0.08~0.83, 平均 0.38, 表明以高分子烃类为主, 低

表 1 敦化盆地第三系烃源岩有机质丰度

Table 1 Organic matter abundance of the Tertiary source rocks in the Dunhua Basin

来源	岩性	TOC, %		氯仿沥青“A”, %		HC/(μg·g <sup>-1</sup> )		丰度评价
		珲春组	土门子组	珲春组	土门子组	珲春组	土门子组	
L1 孔	暗色泥岩	0.58~1.32 0.97(4)		0.167~0.330 0.282(4)		22~532 242(4)		好
L1 孔	黑色煤岩	13.39~25 19.20(2)		0.690~0.890 0.79(2)		534(1)		很好
黑石—官地 煤田浅井	暗色泥岩	0.18~14.25 3.97(4)	0.08~4.31 1.25(3)	0.05~0.69 0.259(4)	0.06~0.33 0.221(3)	129~834 494(4)	175~832 485(3)	很好

注: 表中分式含义为  $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}(\text{样品个数})}$ 。

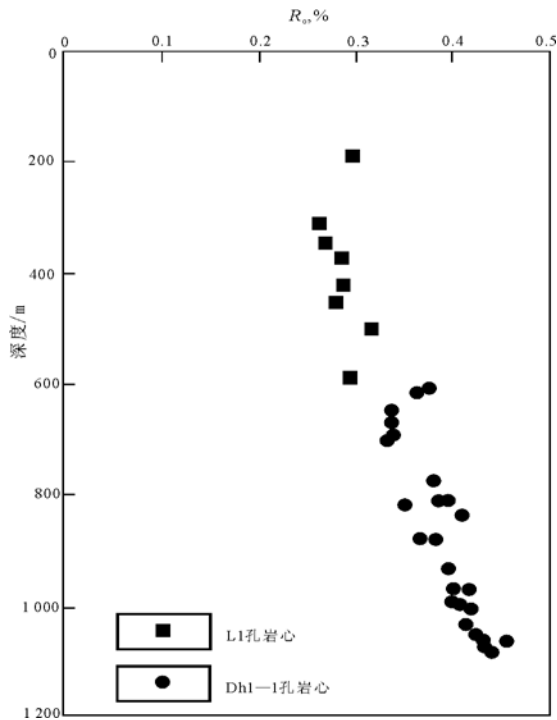


图 3 敦化盆地第三系烃源岩有机质热演化曲线  
Fig. 3 Organic matter evolution curve of the Tertiary source rocks in the Dunhua Basin

分子烃含量较低,干酪根颜色为浅黄—棕黄色。

据陆相烃源岩有机质成烃演化阶段划分标准<sup>[5~7]</sup>,盆地煤田钻孔第三系暗色泥岩均未成熟。利用这 2 口浅井暗色泥岩  $R_o$  值进行线性回归,回

归方程为:

$$H = 4\ 148R_o - 776$$

式中,  $H$  为埋深,  $m$ ;  $R_o$  为烃源岩镜质体反射率, %。结合地震地质研究成果,推测敦化盆地烃源岩的生烃门限深度 ( $R_o \geq 0.5\%$ ) 约为 1 300  $m$ ,第三系大量生油深度 ( $R_o$  为 0.7%~1.3%) 约为 1 700~4 600  $m$ ,且主要分布在盆地沉积中心北部凹陷镜泊湖次凹,现今均已进入生烃高峰阶段 ( $R_o \geq 0.7\%$ )。

### 3.2 下白垩统烃源岩

据春阳煤矿和贤儒煤矿(图 1)在下白垩统采集的 25 块暗色、碳质泥岩和煤岩样品的分析统计:春阳煤矿暗色、碳质泥岩有机碳含量、氯仿沥青“ $A$ ”、总烃依次平均值为 3.88%,0.032 7%和 180  $\mu g/g$ ,生烃潜量 ( $S_1 + S_2$ ) 为 6.65  $mg/g$ ;盆地南部贤儒煤矿下白垩统暗色、碳质泥岩有机碳含量、氯仿沥青“ $A$ ”、总烃含量和生烃潜量分别为 9.88%,0.099 1%,606  $\mu g/g$  和 24.09  $mg/g$ (表 2)。综合评价认为,盆地 2 个煤矿所获烃源岩样品均为好—很好烃源岩。

春阳煤矿和贤儒煤矿下白垩统暗色泥岩及煤的岩石热解氢指数  $I_H$  介于 16~243  $mg/g$ ,  $H/C$  原子比为 0.61~0.80,  $O/C$  原子比为 0.13~0.37,干酪根显微组分腐泥组 0%~2%,壳质组 29%~65%,镜质组 33%~71%(表 3),各项类型参数显示下白垩统暗色泥岩和煤的有机质类型以

表 2 敦化盆地地下白垩统有机质丰度

Table 2 Organic matter abundance of the Lower Cretaceous in the Dunhua Basin

位置	岩性	TOC, %	“ $A$ ”, %	HC/( $\mu g/g^{-1}$ )	( $S_1 + S_2$ )/( $mg \cdot g^{-1}$ )	丰度评价
敦化东北 春阳煤矿	暗色/碳质泥岩	1.22~7.41 3.88(3)	0.005 9~0.059 5 0.032 7(2)	32~328 180(2)	0.92~6.65 180(2)	好—很好
	黑色煤岩	87.67(1)	0.518 0(1)	2 771(1)	48.39(1)	好—很好
敦化南贤儒煤矿	暗色/碳质泥岩	9.88(1)	0.099 1(1)	606(1)	24.09(1)	好—很好
	黑色煤岩	28.55~87.67 48.64(3)	0.212~0.518 0.365(2)	1 047~2 771 1 909(2)	23.97(1)	好—很好

注:表中分式含义为  $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{平均值}(\text{样品数})}$ 。

表 3 敦化盆地地下白垩统有机质类型

Table 3 Organic matter types of the Lower Cretaceous in the Dunhua Basin

位置	岩性	干酪根元素分析		热解 $I_H$ / ( $mg \cdot g^{-1}$ )	干酪根显微组分, %			类型
		H/C	O/C		腐泥组	壳质组	镜质组	
春阳煤矿	暗色泥岩	0.61	0.37	16~89	0	29	71	III
春阳煤矿	灰黑色页岩	0.74	0.15	89	0	37	63	III
春阳煤矿	黑色煤岩	0.80	0.20	55				III
贤儒煤矿	暗色泥岩	0.78	0.13	243	2	65	33	II <sub>2</sub>
贤儒煤矿	黑色煤岩	0.80	0.20	83				III

III型为主,含少量II<sub>2</sub>型。

春阳煤矿和贤儒煤矿下白垩统暗色泥岩及煤的镜质体反射率值表明,煤 R<sub>o</sub> 值 0.57%~0.60%, T<sub>max</sub> 值 433~439 °C;暗色泥岩 R<sub>o</sub> 值 0.47%~0.59%, T<sub>max</sub> 值 431~437 °C,成熟度比延吉盆地露头更低,处于未熟—低熟阶段。由区域大地热流场<sup>[13,14]</sup>对比分析(图4)表明,敦化盆地北部凹陷的古地温与延吉盆地基本相同,其古地温梯度为3.2~4.0 °C/hm,略低于延吉盆地的古地温梯度(3.4~4.0 °C/hm)。据此推测敦化盆地下白垩统暗色泥岩门限深度(R<sub>o</sub>≥0.5%)约为1700 m,大量生烃深度(R<sub>o</sub>≥0.7%)约为2000 m。

### 3.3 烃源岩综合评价

综合敦化盆地新近系、古近系及下白垩统暗色泥岩的分布、残存厚度、有机质丰度、类型、成熟度等因素,综合评价<sup>[15~17]</sup>认为:新近系土门子组成熟烃源岩分布面积较小,主要分布于北部凹陷,有机质丰度中等—高,有机质类型II<sub>2</sub>—III型,为低成熟的中等烃源岩;古近系珲春组成熟烃源岩分布面积较大,主要分布于北部凹陷镜泊湖次凹,有机质丰度高,类型II<sub>2</sub>—III型,处于成熟生油窗内,综合评价珲春组暗色泥岩为好—很好烃源岩;下白垩统暗色泥岩全部处于成熟生油窗内,有机质丰度高,类型II<sub>2</sub>—III型,综合评价<sup>[15~17]</sup>为很好烃源岩(表4)。

## 4 生烃潜力分析

敦化盆地发育下白垩统、古近系、新近系3套湖相烃源岩,据地震地质综合研究所得的热演化资料分析表明(图5),区内生烃门限为1300 m(R<sub>o</sub>=0.5%),下白垩统烃源岩于古近纪末期进入生烃门限开始生烃,新近纪末期进入生烃高峰期,推测最大R<sub>o</sub>值约为1.4%,处于生油高峰期;古近系烃源岩于新近纪中晚期开始生烃,主要成烃期为喜马拉雅山晚期,推测最大R<sub>o</sub>值约为1.3%;新近系烃源岩由于埋藏浅,仅在镜泊湖次凹部分烃源岩进入门限,推测最大R<sub>o</sub>值约为0.8%,处于低成熟状态。

参考汤原断陷油气资源评价资料<sup>[1,5,6]</sup>,采用烃产率图版<sup>[18~20]</sup>和本次研究所得的各层系烃源岩

成熟度及其分布,按烃产率法<sup>[18]</sup>对敦化盆地各层系的生烃量进行了计算。根据成熟烃源岩的分布

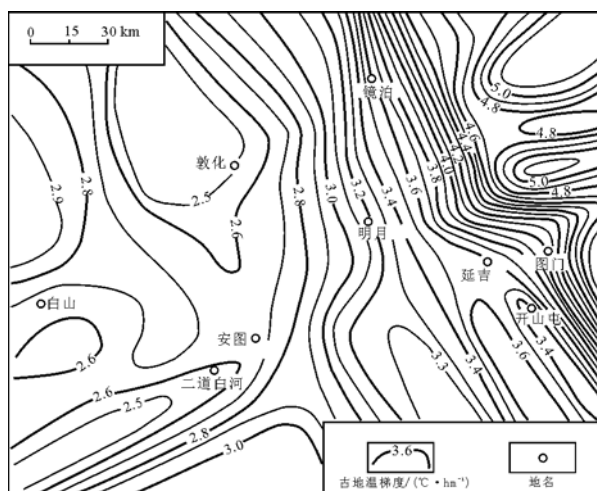


图4 延吉盆地及外围地区地温梯度等值线  
Fig. 4 Contour diagram of geothermal gradient in the Yanji Basin and its surrounding region

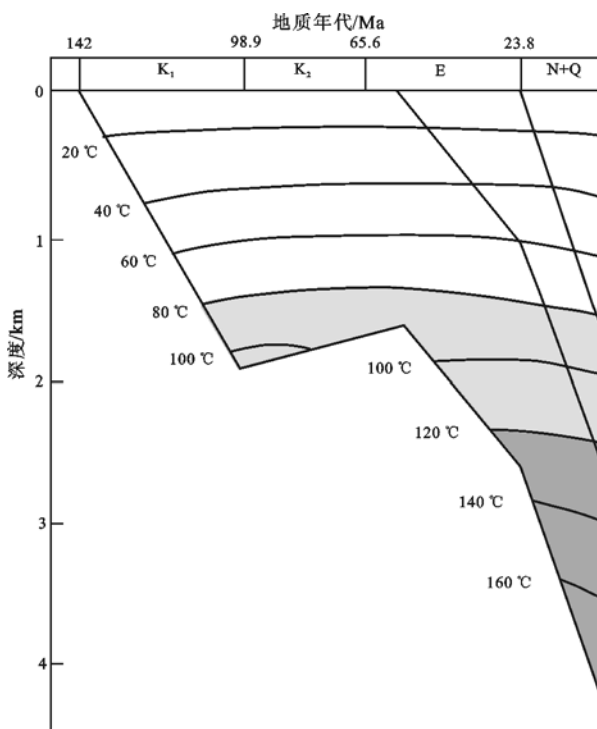


图5 敦化盆地X井(设计井)埋藏史示意  
Fig. 5 Burial history of Well X in the Dunhua Basin

表4 敦化盆地第三系和下白垩统暗色泥岩综合评价成果

地层	平均厚度/m	面积/km <sup>2</sup>	TOC, %	类型	R <sub>o</sub> , %	综合评价
新近系土门子组	200	145	1.18~1.25	II <sub>2</sub> —III	0.5~0.8	中等烃源岩
古近系珲春组	400	430	2.98~4.18	II <sub>2</sub> —III	0.5~1.2	好—很好烃源岩
下白垩统	300	342	2.11~3.88	II <sub>2</sub> —III	0.8~1.3	很好烃源岩

Table 4 Integrated evaluation of the Tertiary and Lower Cretaceous dark mudstone in the Dunhua Basin

表5 敦化盆地远景资源量计算数据

Table 5 Data of perspective resource in the Dunhua Basin

层位	面积/ km <sup>2</sup>	厚度/m	烃源岩密度/ (t·m <sup>-3</sup> )	TOC, %	产烃率, %	换算系数	运聚系数	生烃量/ 10 <sup>8</sup> t	远景资源量/ 10 <sup>8</sup> t
新近系	145	200	2.3	1.18	6.8	0.000 1	0.02~0.04	0.54	0.01~0.03
古近系	430	400	2.3	3.00	15.5	0.000 1	0.03~0.05	18.40	0.55~0.92
下白垩统	342	300	2.3	2.50	20.5	0.000 1	0.03~0.05	12.09	0.36~0.60

面积和平均厚度,求得各层系烃源岩的总生烃量为 $31.02 \times 10^8$  t;然后,运用3%~5%的运聚系数,计算敦化盆地油气远景资源量为 $(0.93 \sim 1.55) \times 10^8$  t,中值约 $1.24 \times 10^8$  t(表5)。

## 5 结论

敦化盆地发育的新近系、古近系、下白垩统3套烃源岩中,后2套烃源岩有机质丰度较高,类型为II<sub>2</sub>—III型,正处于生油窗内,是盆地的主力烃源岩,同时新近系土门子组下段暗色泥岩已进入低成熟阶段,也具有一定的生烃潜力。目前在盆地烃源岩主要分布区的镜泊湖次凹所揭示的断块、断鼻圈闭形成于燕山早期,定型于喜马拉雅中晚期,而中新界烃源岩主力生烃期为喜马拉雅中晚期(图5),显然圈闭形成期与烃源岩油气大规模生成、运聚时空配套关系好;中新界砂岩发育,储层物性较好,其湖相泥页岩单层厚度大,垂向和侧向封挡条件较好;下白垩统与古近系的不整合面、深大断裂以及砂体可组成油气的立体输导体系,为镜泊湖次凹内圈闭的油气聚集成藏提供了良好的输导条件。由此可见,区内油气成藏条件好,古近系、下白垩统的自生自储型油气藏是油气勘探的主攻方向,下生上储及基岩型油气藏亦可能为有利的勘探目标;初步预测盆地资源量为 $1.24 \times 10^8$  t,表明本区具备形成中小型油气田的物质条件,具有较大的油气资源潜力和勘探前景。

### 参考文献:

- 1 罗群. 汤原断陷断裂特征与油气成藏的关系[J]. 新疆石油地质,1999,20(2):90~95
- 2 童亨茂. 伊通地堑边界断裂的性质与演化[J]. 地质力学学报,2002,8(1):35~42
- 3 许浚远. 依舒地堑新生代构造演化[J]. 地球科学,1997,22(4):406~410
- 4 何玉平,刘招君,董清水等. 吉林伊通盆地莫里青断陷古近系双

- 5 阳组储层成岩作用研究[J]. 古地学报,2006,8(1):75~82
- 6 杨海波,刘晋威,张立国等. 汤原断陷断裂构造特征及油气成藏特点[J]. 世界地质,2006,25(3):275~281
- 7 马金龙,张宝权. 汤原断陷构造沉积特征与油气成藏分布规律[J]. 石油实验地质,2006,28(3):220~224
- 8 黄志龙,高岗,刘鸿友. 伊通地堑天然气地球化学特征与运移效应[J]. 地质地球化学,2002,30(3):59~63
- 9 杨学俊,张梅生,王璞珺. 中国油气区地质—地球物理解析(上卷)[M]. 北京:科学出版社,2003.40~126
- 10 Magon L. B. The petroleum system: from source to trap [J]. AAPG Memoir,1994,60:3~24
- 11 WHILE. Methods of estimating oil and gas resources [J]. AAPG Bulletin,1979,63:2183~2186
- 12 张玉明. 茫汉断陷烃源岩特征及生烃潜力分析[J]. 天然气工业,2006,26(10):30~32
- 13 王璞珺,程日辉,王洪艳等. 松辽盆地滨北地区油气勘探方向探讨[J]. 石油勘探与开发,2006,33(4):426~431
- 14 许岩,刘立,赵羽君. 延吉盆地含油气系统与勘探前景[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2004,34(2):227~230,241
- 15 姚新民,周志祥,裘军跃. 延吉盆地石油地质特征初探[J]. 石油与天然气地质,1991,12(4):464~471
- 16 Miao Jianyu, Kou Hansheng, Zhou Lifa, et al. Sedimentary environments of organic matter from Middle Permian source rocks in northern Xinjiang, China [J]. Chinese Journal of Geochemistry,2006,25(3):258~265
- 17 Zheng Jianjing, Hu Huifang, Sun Guoqiang, et al. Carbon isotopic characteristics of hydrocarbon gases from coal-measure source rocks: a thermal simulation experiment [J]. Chinese Journal of Geochemistry,2006,25(2):167~172
- 18 Zhu Guangyou, Jin Qiang, Zhang Shuichang, et al. Distribution characteristics of effective source rocks and their control on hydrocarbon accumulation: a case study from the Dongying Sag, Eastern China [J]. Acta Geologica Sinica,2004,78(6):1275~1288
- 19 柳光弟,李剑,高岗. 中国陆相烃源岩液态烃产率模拟试验[J]. 石油学报,2005,26(增刊):55~57,63
- 20 刘华,李凌,吴智平. 胶莱盆地烃源岩分布及有机地球化学特征[J]. 石油实验地质,2006,28(6):574~580,585
- 21 腾格尔,高长林,胡凯等. 上扬子东南缘下组合优质烃源岩发育及生烃潜力[J]. 石油实验地质,2006,28(4):359~365

(编辑 李凤丽)