

文章编号: 1672-9315(2012)01-0057-06

松辽盆地油页岩勘探开发有利区预测

郭东鑫 唐书恒 解 慧 吴敏杰 陈 江 吕建伟

(中国地质大学(北京) 能源学院 北京 100083)

摘 要: 松辽盆地油页岩资源储量巨大且分布广泛,主要赋存于上白垩统青山口组一段和嫩江组一段、二段,含油率中等,一般为4.7%~5.1%左右。从松辽盆地油页岩地质特征及时空分布出发,选取主采层厚度和矿体埋深参数,建立油页岩段和盆地的优选标准,建立松辽盆地勘探开发有利区优选体系,将其划分为最有利、有利、较有利和一般有利4个级别的油页岩勘探开发区。其中,南起伏龙泉-农安经增盛,北至肇源的地区为下一步勘探开发的靶区。

关键词: 油页岩; 松辽盆地; 评价体系; 有利区预测

中图分类号: P 618.12 **文献标志码:** A

0 引言

我国油页岩资源丰富,储量仅次于美国,其中松辽盆地是油页岩资源极为丰富的地区之一^[1-4]。1984年吉林省油页岩远景调查中,选取了含油率、主采厚度、埋深、资源量和勘探程度等参数进行勘探开发优选,但缺乏对松辽盆地北部的油页岩优选。2003-2006年新一轮全国油页岩资源评价中选用地质参数和开发参数进行油页岩优选,通过农安含矿区、长春岭含矿区等5个矿区的定量评价,把松辽盆地确定为近期勘探开发的首选^[5],没有对松辽盆地内其他地区进行优选。文中结合前人资源评价,依据松辽盆地油页岩地质特征,建立松辽盆地勘探开发有利区优选体系,对全盆地有利区进行预测,为下一步勘探开发提供了依据。

1 地质背景

松辽盆地地处我国东北部,是一个大型的中、新生代沉积盆地。位于北亚陆间区的东部和环太平洋区北段的内带,盆地西部以嫩江断裂为界,东部以牡丹江断裂为界。根据盆地基底形态及断裂特征,可以把盆地内部的构造单元分为6个次级构造单元:西部斜坡区、北部倾没区、东北隆起区、中央拗陷区、东南隆起区和西南隆起区^[6]。松辽盆地油页岩主要赋存在白垩统青山口组一段和嫩江组一段、二段。

2 油页岩地质特征

2.1 青山口组一段特征

青山口组为一套以深湖至半深湖相为主的暗色细碎屑沉积,与下伏泉头组整合接触。青山口组一段以黑色泥岩、页岩为主夹薄层泥灰岩和油页岩,局部可见到介形虫灰岩,底部泥岩中含粉末状黄铁矿,分布稳定,为区域标志层^[7-9]。

青山口组一段的发育受深湖相沉积环境和盆地沉积中心控制^[7]。总体上青山口组一段油页岩埋深值变化范围大,埋深随油页岩分布地区的不同起伏很大,盆地北部埋深明显大于南部埋深。中央拗陷区北部的大安-大庆-安达一带为埋深的高值区,埋深为2 000 m左右,盆地东南隆起区埋深浅,农安-登楼库一带为埋

*收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 长江学者和创新团队发展计划(IRT0864)

通讯作者: 郭东鑫(1984-),男,山东临沂人,硕士,主要从事煤与煤层气地质与勘探研究。

深低值区埋深在500 m以下。油页岩厚度从南北两侧向盆地中心呈现逐渐变厚的变化趋势。

2.2 嫩江组一段、二段特征

嫩江组为最大湖侵期及湖盆萎缩期形成的一套地层,在松辽盆地广泛出露,仅个别地区缺失。粒度下细上粗,颜色由黑到红的特点,与下伏地层不整合接触。嫩江组一段以黑色泥岩、页岩为主,夹油页岩及粉砂质泥岩,底部黑色泥页岩,区域分布稳定。嫩江组二段,为黑色泥岩与粉砂质泥岩互层夹泥质粉砂岩,底部黑色油页岩^[7-9]。

嫩江组一段油页岩的埋深盆地北部大于盆地南部。白城-镇赉-大安一带为埋深高值区,埋深为1 500 m左右,盆地东南隆起区为埋深低值区,埋深200 m左右,盆地西北部埋深也相对较低,其值为500 m左右,整体上呈现盆地西北和东南角埋深浅,以盆地中部为中心向东北和西南延伸的埋深厚度递减的特点。油页岩厚度在盆地中北部要大于盆地南部,萨尔图、杜尔伯特地区为厚度高值区,围绕着高值区,向盆地东西两侧和向南厚度值均逐渐变小。

嫩江组二段油页岩埋深值变化范围与嫩一段相近,全盆埋深分布平稳,随地区不同起伏很小,盆地南部和北部埋深差异小,埋深高值区出现在乾安一带,达到1 600 m左右,埋深低值区沿盆地东侧分布,杨大城子-农安-肇州-肇东一带均为埋深较浅的地区,约200 m,盆地西侧白城地区也为埋深的相对低值区,其值约为400 m,整体上呈现盆地东西两侧埋深浅,中部埋深厚的特点。油页岩厚度在盆地内近于均匀分布,厚度值变化不大。

3 勘探开发有利区优选体系

3.1 选取勘探开发有利区参数

3.1.1 地质参数选取

本次研究选取主采层厚度作为主选地质参数。由于计算资源储量是按《固体矿产地质勘查规范》(GB/T13908-2002)要求,参照《煤、泥炭地质勘查规范》(DZ/T0215-220),采用体积法(几何图形法)进行估算的,涉及的参数主要有主采层厚度、比重、面积、含油率、油页岩可采系数等^[10-12],所以只选择主采层厚度作为指标。

含油率是界定油页岩矿产资源概念的指标,也是油页岩品位评价的关键参数^[12]。含油率越高,油页岩品位越好。松辽盆地大部分地区处于普查阶段,油页岩含油率资料比较集中,相对较少,根据已获得的资料显示含油率中等,一般为4.7%~5.1%左右,最高可达12.0%^[5],所以把普查获得的含油率数值资料作为勘探开发优选区的参照。

3.1.2 开发参数的选取

松辽盆地地貌特征以平原地区为主,地理环境因素差异小,地下地质构造相对简单,油页岩矿体稳定,含油页岩地层倾角变化小。而矿体的埋深能反映地下矿层位置,其对地面干馏影响较大,埋深越大,开采成本也越大。因此可以把矿体埋深作为主要的开发参数作为分级指标。

表1 松辽盆地油页岩段优选评价标准

Tab.1 Songliao Basin oil shale segment selection standards

主采层厚度/m	矿体埋深/m			
	0~300	300~500	500~800	800~1 000
1~4	A	C	D	D
4~8	A	B	C	D
8~12	A	A	B	C
>12	A	A	A	C

3.2 建立油页岩段优选标准

依据2003-2006年新一轮全国油页岩资源评价^[5]以及松辽盆地青山口组一段及嫩江组一、二段三段油页岩的实际将评价参数优劣程度分为好、较好、一般和差4个级别(见表1),分别用A类、B类、C类、D类表示。

3.3 建立盆地勘探开发有利区优选标准

根据实际情况,将松辽盆地勘探开发预测区的评价结果分为最有利、有利、较有利和一般有利4类,在3个层段评价结果的基础上,采用叠加原理(见表2),对盆地有利区的进行定性评价。如某一区域3个层段的优选越有利,均为A类选区,则勘探开发条件越好,这一区域就属于盆地内最有利区。

表 2 全盆地勘探开发有利区叠加原理

Tab.2 Favorable superposition principle for oil shale exploration and development

勘探开发区预测结果	满足条件
最有利区	3A; 2A + B
有利区	2A; 2A + (C 或 D); 3B;
较有利区	A, A + n(B, C 或 D); A + B + (C 或 D); A + C + D; 2B; 2B + (C 或 D); 3C; B + C + D; B + 2(C 或 D) (n = 1, 2)
一般有利区	2C; 2C + D; nD (n = 1, 2, 3)

4 松辽盆地油页岩勘探开发有利区预测

4.1 松辽盆地油页岩段优选

根据松辽盆地油页岩资源勘探开发有利区优选体系,对青山口组一段、嫩江组一段、嫩江组二段含油页岩段进行优选,分别得出三段油页岩矿体的优选区。

尽管盆地中部、北部倾没区和西部斜坡区青山口组一段油页岩主采厚度大,但埋藏较深,大多在 1000 m 以上,不利于勘探开发,未参加本次有利区评选。青山口一段 A 类选区主要集中于东南隆起区的农安-增盛-长春岭-朝阳沟勘查区,少量的 A, C 类选区分布在盆地的西部斜坡区(图 1)。

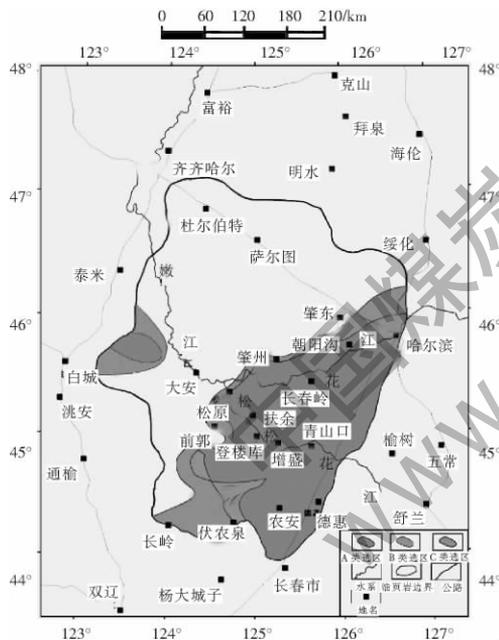


图 1 松辽盆地于山口组一段油页岩勘探开发有利区
Fig.1 Favorable areas for oil shale exploration and exploitation in the 1st member of the Qingshankou formation in Songliao basin

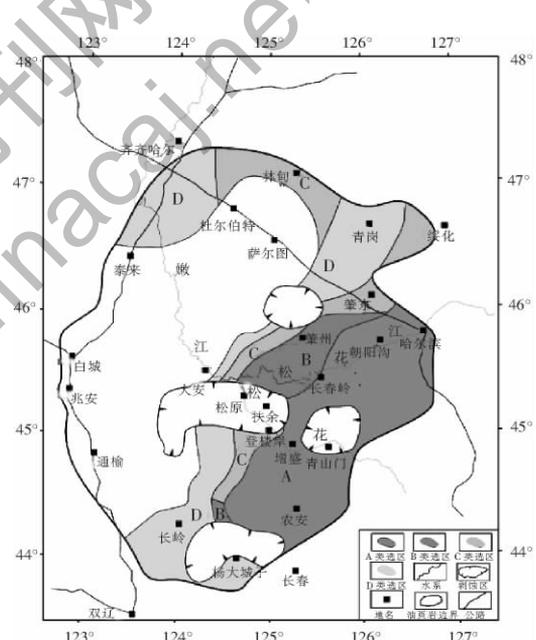


图 2 松辽盆地嫩江组一段油页岩勘探开发有利区
Fig.2 Favorable areas for oil shale exploration and exploitation in the 1st member of the Nenjiang formation in Songliao basin

嫩江组一段油页岩分布范围大,矿体埋深相对较浅,主采矿层薄,油页岩平均厚度在 4.0 m,矿层比较稳定。由于地层抬升,在盆地局部出现地层剥蚀区。作为 A 类选区的农安-增盛-朝阳沟勘查区,主采油页岩厚度在 1.0~4.0 m,埋深小于 300 m; A 类选区外围,向中央凹陷区方向,随着埋深的增加,依次是 B, C 类选区(图 2)。

嫩江组二段 A 类选区在绥化-长春岭-农安勘查区,位于东南隆起区剥蚀区东部和东北部,主采厚度大多在 5.0 m 左右,由南向北逐渐变厚;埋深小于 300 m,含油率均匀,为开发利用提供了有利的条件。西南隆起区存在面积相对较小,可采厚度为 5.4~8.0 m 的 A 类选区。C, D 类选区在盆地内围绕中央凹陷区呈条带状,对称分布(图 3)。

4.2 松辽盆地勘探开发有利区预测

松辽盆地勘探开发有利区的预测,是在青山口组一段、嫩江组一段及二段优选基础上进行叠加,评价相应目标区。

根据上述原则,初步确定松辽盆地的最有利区、有利区、较有利区和一般有利区的位置、分布范围、埋深及主采厚度,分别用 I 类、II 类、III 类、IV 类标识(图 4)。

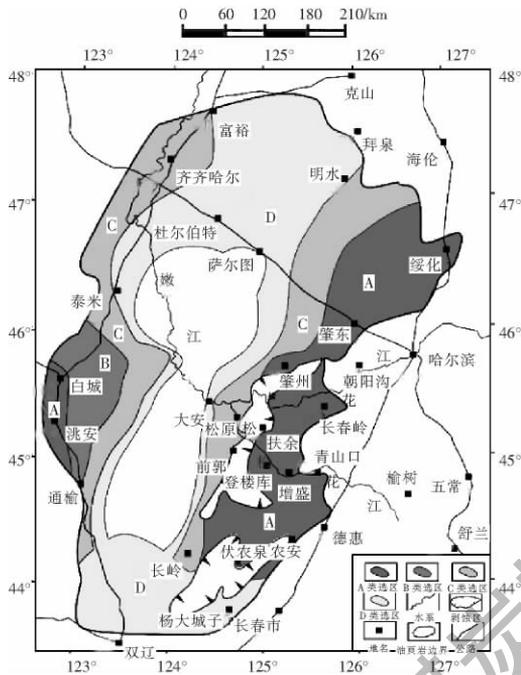


图3 松辽盆地嫩江组二段油页岩勘探开发有利区
Fig.3 Favorable areas for oil shale exploration and exploitation in the 2nd member of the Nenjiang formation in Songliao basin

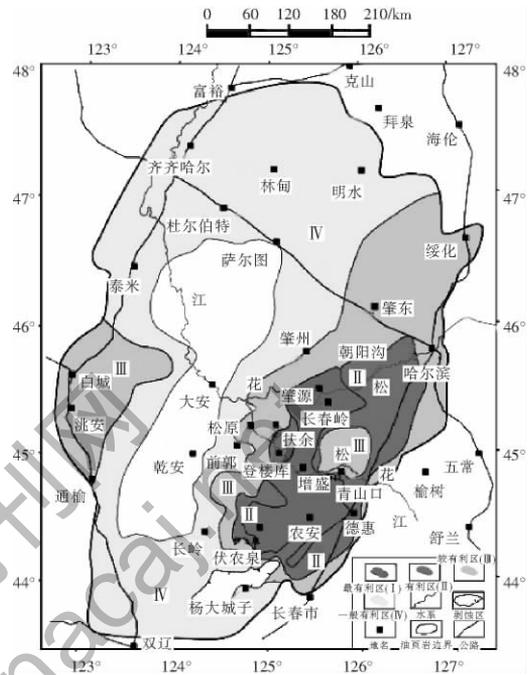


图4 松辽盆地勘探开发有利区预测
Fig.4 Favorable areas for oil shale exploration and exploitation in Songliao basin

4.2.1 最有利区(I类)

最有利区位于东南隆起区呈近似哑铃状,南北向分布,南起伏龙泉-农安,经增盛地区,北至肇源。

该类区包括3个油页岩层段的A类选区:其中嫩江组二段主采矿体厚度4.5~6.0m,埋深在100~300m之间;嫩江组一段矿体埋深在300m左右,主采厚度平均为4.0m;青山口组一段最大埋深为500m,厚度在一般大于8.0m。三段油页岩累计平均可采厚度达到19.0m,埋深小于500m,总勘探面积可达7374km²,预测资源储量为2814.0×10⁸t,占松辽盆地总资源量的8.9%。

该区包括提交最终储量的农安含矿区、扶余长春岭含矿区。其中农安含矿区主矿层规模大,形态规整,产状稳定,平均品位4.7%,适合于大规模开发。长春岭含矿区矿层规模大,矿体以近于水平的板状体为特征,厚度变化小,埋深浅,矿层品位多在5.0%~6.0%^[11-13]。

4.2.2 有利区(II类)

有利区主要分布于最有利区东北部的朝阳沟以南地区,另外还包括德惠东南勘查区和登楼库勘查区。该类选区的最大面积为7532km²,预测资源量为2316.5×10⁸t,可采资源量大。

此类选区大部分包括2个层段的A类选区,朝阳沟以南勘查区青山口组一段埋深达到800m,主采厚度在12.0m以上;嫩江组一段埋深小于300m,都处于A类选区。

德惠东南勘查区油页岩埋深小于300m,嫩江组一、二段的合采厚度可达到8.0m。

登楼库勘查区西部在嫩一段存在小范围剥蚀区,但最大厚度6.3m的嫩江组二段埋深在200m,平均品位在5.89%;青山口组一段厚度为13.0m以上,埋深小于500m,平均品位为6.4%,均符合A类优选标准,最终定为有利区。

4.2.3 较有利区(Ⅲ类)

较有利区受松辽盆地岩相古地理的影响,主要分布在东南隆起区最有利和有利区外围大部分地区,西侧沿长岭以东-扶余-肇州-肇东一带,东侧沿长春-德惠-哈尔滨一线分布。此外西部斜坡区的白城-通榆地区和青山口北部地区也有分布。

东南隆起区西侧的长岭以东-扶余-肇州附近地区油页岩分布面积大,部分处在中央凹陷区,油页岩埋深比较深,一般在 500~800 m。

长春-德惠-哈尔滨一线勘查区,青山口组一段埋深大多在 300 m,主采厚度一般大于 4.0 m。绥化-肇东勘查区,分布了嫩江组二段的 A 类选区,埋深小于 300 m;嫩江组一段的主采厚度在 2.0~7.0 m,矿体埋深一般小于 800 m。

西部斜坡区的白城勘查区附近油页岩青山口组一段埋深在 800~1 000 m,但主采厚度一般在 16.0 m 以上,嫩江组二段在此也有分布,因此可做为较有利预测区。

青山口北部勘查区,由于地层抬升,嫩江组一段油页岩出现剥蚀区,青山口组一段油页岩埋深在 300 m,主采厚度达到 12.0 m 以上,矿层厚度大,含油率一般在 6.1%,属于较有利区。

4.2.4 一般有利区(Ⅳ类)

一般有利区主要分布在西南隆起区、东南隆起区南部,西部斜坡区泰来-通榆一线以东地区、中央凹陷区长岭-前郭-萨尔图沿线以及中央凹陷区北部杜尔伯特-林甸-明水勘查区。矿体埋深一般 500~1 000 m,不利于勘探开发。

5 结 论

1) 松辽盆地油页岩主要赋存于上白垩统青山口组一段和嫩江组一段、二段,含油率中等,一般为 4.7%~5.1% 左右。

2) 选取主采层厚度和矿体埋深参数,参照含油率资料,依次建立层段和全盆地的优选标准,最终形成盆地勘探开发有利区优选体系。在岩段优选的基础上确定勘探开发最有利区、有利区、较有利区和一般有利区。

3) 根据此次研究,松辽盆地的最有利区主要在东南隆起区,其分布于南起伏龙泉-农安,经增盛,北至肇源的地区,面积为 7 374 km²,可采厚度达到 19.0 m,埋深一般小于 500 m,含油率高,预测资源储量为 2 814.0 × 10⁸ t。有利区主要分散分布在盆地最有利区的外围,面积达到 7 532 km²,预测资源量为 2 316.5 × 10⁸ t,可采资源量大。

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 Zhao-jun, LIU Rong. Oil shale resource state and evaluating system[J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 315-323.
- [2] 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): 721-731.
WANG Yong-li, LIU Zhao-jun, JING Hui-lin, 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): 721-731.
- [3] 刘招君,董清水,叶松青,等. 中国油页岩资源现状析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(6): 869-876.
LIU Zhao-jun, DONG Qing-shui, YE Song-qing, et al. The situation of oil shale resource in China[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2006, 36(6): 869-876.
- [4] 李术元,岳长涛,钱家麟,等. 世界油页岩开发利用现状—并记 2009 年国内外三次油页岩会议[J]. 中外能源, 2010, (2): 21-27.
LI Shu-yuan, QIU Chang-tao, QIAN Jia-lin, et al. A glimpse of the development & utilization of oil shale worldwide: three oil shale symposiums held in 2009[J]. Sino-Global Energy, 2010, (2): 21-27.
- [5] 刘招君,董清水,叶松青,等. 全国油页岩资源评价报告[R]. 北京: 国土资源部油气战略研究中心, 2006.

- LIU Zhao-jun ,DONG Qing-shui ,YE Song-qing et al. Report of oil shale resource evaluation in China [R]. Beijing: The Strategic Research Center for Oil and Gas , MLR 2006.
- [6] 高立新. 中国松辽盆地构造环境及东北地区地震活动特征分析 [J]. 地震 ,2008 28(4) : 59 - 67.
GAO Li-xin. Structural environment of Songliao basin and characteristics of seismic activity in northeast China region [J]. Earthquake ,2008 28(4) : 59 - 67.
- [7] 王永莉. 松辽盆地南部上白垩统油页岩特征及成矿规律 [D]. 长春: 吉林大学 ,2006.
WANG Yong-li. Properties and mineralization regularity of Shangbaie oil shale in the south of Songliao basin [D]. Changchong: Jilin University 2006.
- [8] 刘立, 王东坡. 湖相油页岩的沉积环境及其层序地层学意义 [J]. 石油试验地质 ,1996 18(3) : 311 - 316.
LIU Li , , WANG Dong-po. Depositional environments of lacustrine oil shale and its sequence stratigraphy significance [J]. Experimental Petroleum Geology ,1996 18(3) : 311 - 316.
- [9] 刘招君, 王东坡, 刘立等. 松辽盆地白垩纪沉积特征 [J]. 地质学报 ,1992 66(4) : 327 - 338.
LIU Zhao-jun ,WANG Dong-po ,LIU Li et al. Sedimentary characteristics of the cretaceous Songliao basin [J]. Acta Geologica Sinica ,1992 66(4) : 327 - 338.
- [10] 董清水, 王立贤, 于文斌等. 油页岩资源评价关键参数及其求取方法 [J]. 吉林大学学报(地球科学版) ,2006 36(6) : 899 - 903.
DONG Qing-shui ,WANG Li-xian ,YU Wen-bin et al. The key parameters of oil shale resource appraisalment and its evaluating methods [J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition) 2006 36(6) : 899 - 903.
- [11] 孟庆涛. 油页岩资源评价方法研究 - 以松辽盆地南部农安矿区为例 [D]. 长春: 吉林大学 2006.
MENG Qing-tao. Research on evaluating methods for oil shale resource [D]. Changchong: Jilin University 2006.
- [12] 张海龙. 东北北部区油页岩资源评价及评价方法研究 [D]. 长春: 吉林大学 2008.
ZHANG Hai-long. Research on oil shale resource appraisalment and evaluating methods in the north of Northeast area [D]. Changchong: Jilin University 2008.
- [13] 姜雪飞, 张龙春, 李楠等. 扶余县长春岭油页岩富含矿岩系地质特征及沉积环境分析 [J]. 吉林地质 ,2008 ,24(4) : 66 - 68.
JIANG Xue-fei ,ZHANG Long-chun ,LI Nan , et al. Geologic features and sedimentary environment of the Changchunling rock series with oil shale , Fuyu County [J]. Jilin Geology 2008 24(4) : 66 - 88.

Favorable areas prediction for oil shale exploration and exploitation in Songliao basin

GUO Dong-xin , TANG Shu-heng , XIE Hui , WU Ming-jie , CHEN Jiang , LV Jian-wei

(College of Energy Science and Engineering , China University of Geosciences , Beijing 100083 , China)

Abstract: The oil shale in Songliao Basin is widely distributed with huge reserves. And the deposits mainly occurred in 1st member of the Upper Cretaceous Qingshankou Formation and the 1st , 2nd members of the Nenjiang Formation with the middle oil content ranging from 4.7% ~ 5.1%. According to the geological characteristics and space-time distribution regularities of the oil shale , the thickness and the depth of the main strata were selected as the evaluation parameters and the optimization system of favorable exploration and development was built. Based on the optimization system , four types of regions , namely the most favorable area , the favorable area , the sub-favorable area and the generally area were divided. And the evaluation results show that the region from Fu longquan-Nong An in south via Zengsheng to Zhaoyuan in north is the favorable area for next step exploration and development work.

Key words: oil shale; Songliao basin; evaluation system; favorable areas prediction