

油页岩含矿区开发优选的双因素法

陈会军¹ 刘招君^{2,3} 朱建伟^{2,3} 付占荣⁴

(1. 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 辽宁 沈阳 110032; 2. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061;
3. 吉林大学 油页岩实验中心, 吉林 长春 130061; 4. 内蒙古自治区有色地质勘查局 108 队, 内蒙古 赤峰 024000)

提要:中国拥有丰富的油页岩资源, 如何合理、科学、有序地开发利用好这些资源, 就要针对油页岩含矿区开展开发利用优选, 以确定油页岩资源开发利用的顺序, 为制定油页岩资源战略发展规划和合理开发利用提供科学依据, 从而实现最优决策。油页岩含矿区开发优选的双因素法是通过评价优选目标的地质资源因素和技术经济因素优劣度, 进行油页岩资源开发优选战略规划。将制约油页岩开发利用的地质资源因素和技术经济因素, 划分为一系列递进的参数, 运用层次分析法定量计算这些参数的权重; 然后, 根据评价油页岩含矿区参数特征, 分别计算出资源因素和技术经济因素的得分, 在区域中, 按双因素排序评价油页岩含矿区的优劣, 规划油页岩含矿区优先开发的顺序。运用该方法进行油页岩含矿区开发优选, 较好地弥补了综合指标评价法的不足。

关 键 词: 油页岩; 含矿区; 开发优选; 双因素法

中图分类号: P618.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)03-0742-08

中国拥有丰富的油页岩资源, 首次“全国油页岩资源评价”结果显示: 全国油页岩资源为 7199.37 亿 t, 页岩油资源为 476.44 亿 t, 主要分布在 20 个省区、47 个盆地、80 个油页岩含矿区^[1]。针对如此巨大的资源, 要合理、科学、有序地开发利用好, 就需要开展油页岩含矿区开发利用优选, 以确定油页岩资源开发利用的顺序, 为制定油页岩资源战略发展规划和合理开发利用提供科学依据, 从而实现最优决策^[2]。

矿产资源开发利用优选常用综合指标评价法, 即对所有制约资源开发利用的因素评分加总之和, 按分值高低排序。该方法简便易行, 但遇到资源条件优, 总分较高, 却因为技术经济或政策因素难以优先开发; 或者总分较高, 而资源条件差, 目前开发难以有效益。为此, 有时需要人为干预和调整优选结果。

油页岩含矿区开发优选双因素法引入管理学中战略管理的概念, 对优选目标从地质资源因素和技术经济因素两个方面评价其优劣度, 进行油页岩资源开发优选战略规划。运用该方法进行开发利用优

选, 只有资源因素和技术经济因素均优的评价目标才会进入优先开发序列, 这样就较好地弥补了综合指标评价法的不足。

1 双因素法指标体系的建立

1.1 双因素法指标体系参数选取

矿产资源评价指标, 是评价矿产资源的定量标准, 每个指标反映矿产某一方面的特征^[3-4]。

基于开发的油页岩含矿区优选涉及很多方面, 有地质的, 也有开发利用的, 还有经济的等等, 因此, 必须用一系列指标对其涉及的主要方面与主要层次进行全方位的测量, 以达到优选结论全面、准确、可靠^[5-6]。选取优选参数所考虑的因素是: 一要便于获取; 指标值是可以获得的真实测量值或统计值, 可以进行区际比较和国际比较。二要简洁明了; 指标的設置反映问题的重要性, 具有层次特征, 能够充分反映矿产资源的可持续利用问题。三要能全面准确地反映因素的优劣程度: 指标选取能够基本衡量区域矿

产资源的主体状况,反映矿产资源的基本特征,包括空间组合、数量和质量等资源优势特征、勘探开发的成本状况、矿产资源消费特征等^[7]。

将制约和影响油页岩资源开发、利用的因素可归纳为 3 个方面,一是资源条件,二是开采技术条件,三是开发条件^[8]。这 3 个方面既有随勘探和研究程度的增加而发生变化的矿床本身所固有特征,又有随国民经济相应的采矿技术水平发展而变化的可变因素,这些制约油页岩资源开发利用的因素就是油页岩含矿区开发优选所要选取的参数。将这些参数从自然因素、生产技术水平、社会经济条件三个角度分析,又可概括为地质资源因素和技术经济因素。

参照有关矿产资源优选参数选取的文献^[9-18],运用德尔菲法、专家问卷调查法确定制约油页岩资源开发利用的参数。经过征求有关专家意见,反复研究和论证,选取油页岩含矿区开发优选参数 22 个。其中,地质资源因素包括 8 个参数:平均含油率、发热

量、灰分、全硫含量、主采矿层厚度、储量、资源丰度和共伴生可利用矿产;技术经济因素包括 14 个参数:开采方式、工程地质、水文地质、环境地质、构造复杂性、矿体稳定性、矿体埋深、勘探程度、交通运输、水源、电力供给、地形地貌、地理位置、环境影响。

对 22 个优选参数分类归集,构建指标体系,按照地质资源因素和技术经济因素两个独立的体系进行归纳分类。将约束油页岩开发利用因素从准则层(指标层)地质资源和技术经济两个方面导出子准则层(条件层),其包括资源条件、开采条件和开发条件。分层次自上而下依次建立 4 个相互递进的层次关系,即目标层(油页岩含矿区)、指标层、条件层、参数层^[8-19]。包括 2 个制约因素、3 项制约条件、22 个制约参数(图 1)。

1.2 双因素法指标体系参数等级划分与赋分

参照固体矿产、常规油气和煤泥炭勘查规范,将油页岩含矿区开发优选的地质资源因素和技术经济因素所包含参数的优劣程度划分为好、中、差,分别

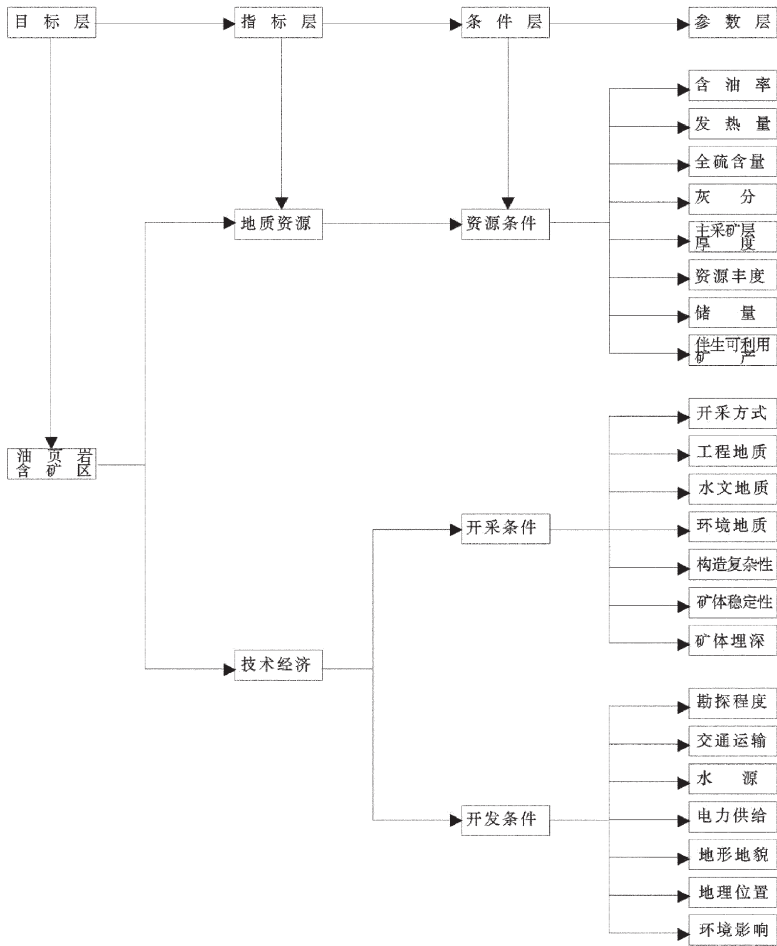


图 1 油页岩含矿区开发优选参数结构模型

Fig.1 Structural model for the development optimization index system of the oil shale bearing field

以一级、二级、三级表示,分别赋值 100~70 分、70~30 分、30~0 分(表 1~2)。

2 油页岩含矿区开发优选参数权重的确定

油页岩含矿区开发优选参数权重利用模糊综合评价和层次分析法,采用定性与定量相结合的方法确定。

2.1 构建判断矩阵

首先,将制约油页岩含矿区开发优选的 22 个参数建立地质资源和技术经济评价因素集。

地质资源因素集: $U=\{\text{含油率,发热量,灰分,全硫含量,主采层厚度,储量,资源丰度,共伴生可利用矿产}\}=\{u_1,u_2,u_3,u_4,u_5,u_6,u_7,u_8\}$;

技术经济因素集: $R=\{\text{开采方式,水文地质,工程地质,环境地质,构造复杂性,矿体稳定性,矿体埋深,勘查程度,交通运输,水源,电力供给,地形地貌,地理位置,环境影响}\}=\{r_1,r_2,r_3,r_4,r_5,r_6,r_7,r_8,r_9,r_{10},r_{11},r_{12},r_{13},r_{14}\}$ 。

其次,进行地质资源和技术经济因素集中的每个因素分别两两比较,形成地质资源和技术经济因素两两比较参数矩阵。

第三,因素两两比较的重要性是采用德尔菲法,通过书面征求相关专家建议及调研正在开发油页岩矿区基础上获得的认识。按照 9 级标度法^[9](表 3),形成地质资源判断矩阵 A_z 和技术经济判断矩阵 A_j 。

地质资源判断矩阵 A_z :

1	4	5	5	5	1	3	3
$\frac{1}{4}$	1	2	2	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
1	4	5	5	5	1	3	3
$\frac{1}{3}$	2	3	3	3	$\frac{1}{3}$	1	1
$\frac{1}{3}$	2	3	3	3	$\frac{1}{3}$	1	1

技术经济判断矩阵 A_j :

2.2 权重的获取及一致性检验

2.2.1 权重的获取

运用层次分析法计算机软件求取判断矩阵最大特征值所对应的特征向量,计算得到地质资源因素参数和技术经济因素参数相对权重(表 4~5):

2.2.2 一致性检验

判断所得到的参数权重是否合理,要进行一致性检验,当 $CR<0.1$ 时,认为判断矩阵合理,参数权重可行。

其检验公式是:

$$CR=CI/RI;$$

$$CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1);$$

RI 一是判断矩阵的平均随机一致性指标,与判断矩阵的阶数对应的经验值; CI 一是判断矩阵的平

表 1 油页岩含矿区开发优选的地质资源因素参数等级划分与赋分
Table 1 Development optimization index and grade plot of geological resource of the oil shale bearing field

评价指标			分级赋分		
指标层	条件层	参数层	一级/好	二级/中	三级/差
			100~70	70~30	30~0
地质资源因素	资源条件	含油率/%	>10	10~5	5~3.5
		发热量/MJ/kg	>10.4	10.4~7.00	7.00~4.18
		灰分/%	40~66	66~85	>85
		全硫含量/%	<1.5	1.5~4.0	>4.0
		主采矿层厚度/m	>3.5	3.5~1.3	1.3~0.7
		储量/10 ⁸ t	>20	20~2	<2
		资源丰度/(10 ⁴ t/km ²)	>6000	6000~1000	<1000
		共伴生可利用矿产	正在利用	有且可利用	无

1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$
2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	2	$\frac{1}{2}$
2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	2	$\frac{1}{2}$
4	2	2	1	$\frac{1}{2}$	2	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	2	2	4	1
5	3	3	2	1	3	3	1	$\frac{1}{2}$	2	3	3	5	2
2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	2	$\frac{1}{2}$
2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	2	$\frac{1}{2}$
5	3	3	2	1	3	3	1	$\frac{1}{2}$	2	3	3	5	2
7	5	5	3	2	5	5	2	1	3	5	5	7	3
3	2	2	1	$\frac{1}{2}$	2	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	2	2	3	1
2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	12		$\frac{1}{2}$
2	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	1	2	$\frac{1}{2}$
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$
4	2	2	1	$\frac{1}{2}$	2	2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	2	2	4	1

表 2 油页岩含矿区开发优选的技术经济因素参数等级划分与赋分

Table 2 Development optimization index and grade plot of technical economy of the oil shale bearing field

评价指标			分级赋分		
指标层	条件层	参数层	一级/好	二级/中	三级/差
			100~70	70~30	30~0
技术经济因素	开采条件	开采方式	原位开采	露天开采	井巷开采
		水文地质条件	简单	中等	复杂
		工程地质条件	简单	中等	复杂
		环境地质条件	简单	中等	复杂
		构造复杂程度	简单	中等	复杂
		矿体稳定程度	稳定	较稳定	不稳定
		矿体埋深 (m)	0~100	100~500	500~1000
	开发条件	交通运输	交通便利	距干线 100km 内	距干线 >100km
		水源	就地解决	缺水, 30km 内解决	缺水, 30km 外解决
		电力供应	充足	缺电 1/2 以内	缺电 2/3
		地形地貌	平原、盆地、黄土塬	丘陵、低山、戈壁	山地、高原、沙漠
		地理位置	经济发达地区	中等发达地区	欠发达地区
		环境影响	轻微	中等	严重
		勘查程度	已开发	勘探	详查

表 3 判断矩阵标度含义
Table 3 Scale of diagnostic matrix

标度	含义		
1	U_i 与 U_j 同等重要	$u_{ij}=1$	$u_{ji}=1$
3	U_i 与 U_j 稍微重要	$u_{ij}=3$	$u_{ji}=1/3$
5	U_i 与 U_j 明显重要	$u_{ij}=5$	$u_{ji}=1/5$
7	U_i 与 U_j 非常重要	$u_{ij}=7$	$u_{ji}=1/7$
9	U_i 与 U_j 极端重要	$u_{ij}=9$	$u_{ji}=1/9$
如为相邻判断之间则取 2、4、6、8			

均随机一致性指标; λ_{\max} —是判断矩阵对应的最大特征值; n —是判断矩阵的阶数。

根据公式计算出地质资源因素的 λ_{\max} 为 8.104,其对应的 CI 为 0.0129;技术经济因素的 λ_{\max} 为 14.061,其对应的 CI 为 0.0047。

经一致性检验, CR 分别为 0.009 和 0.003,均小于 0.10,认为判断矩阵具有满意的一致性,获取的权重是可行的。

3 双因素法战略规划油页岩含矿区开发

在获取双因素各参数权重的基础上,开展油页岩含矿区开发优选的双因素优劣度评价。

油页岩含矿区是由一系列在空间、时间、成因上紧密相连的油页岩矿床组合而成的含矿地区。含矿区与矿田、煤田、油田等概念相对应,一个含矿区包含一个或多个勘查区/预查区。

首先,求解地质资源因素和技术经济因素的得分排序,其步骤如下:

(1)将评价单元(油页岩含矿区)的基础数据形成地质资源因素参数矩阵 $Az(i,j)$ 和技术经济参数矩阵 $Aj(i,j)$;

表 4 地质资源因素参数权重取值
Table 4 Weights of geological resource of the oil shale bearing field

参数	权重 (w)	lamda-max	CI	RI	CR
含油率	0.2763180	8.104	0.0129	1.41	0.009149
发热量	0.0721820				
灰分	0.0448262				
全硫含量	0.0448262				
可采层厚度	0.0448262				
储量	0.2763180				
资源丰度	0.1203517	14.0606	0.0047	1.46	0.003219
共生矿产	0.1203517				

i —油页岩含矿区 $i=1,2,3,\cdots,N$;
 j —评价参数 $j=1,2,3,\cdots,M$ 。

(2)根据参数等级划分与赋分表,将参数矩阵 Az 和 Aj 转换为赋分矩阵 $Bz(i,j)$ 和 $Bj(i,j)$ 。赋分采用中位值法。

(3)赋分矩阵乘以参数权重系数矩阵,得到油页岩含矿区的双因素得分矩阵;

地质资源因素得分矩阵: $Cz(i,j)=Bz(i,j)\times Wz(j)$;

技术经济因素得分矩阵: $Cj(i,j)=Bj(i,j)\times Wj(j)$

$Wz(j)$ 和 $Wj(j)$ 为双因素参数的权重矩阵; $j=1,2,3,\cdots M$ 。

(4)将油页岩含矿区双因素得分矩阵求和,获得双因素得分排序;

地质资源因素得分: $Sz(i)=\sum Cz(i,j)$

技术经济因素得分: $Sj(i)=\sum Cj(i,j)$

然后,根据双因素得分排序,按照双因素法开展油页岩含矿区开发利用近期、中期、远期的战略规划。以技术经济因素为横坐标,地质资源因素为纵坐标,研究双因素的优劣组合,评价油页岩含矿区的优劣度(图 2)。

按照未来油页岩含矿区开发利用先后顺序,划

表 5 技术经济因素参数权重取值
Table 5 Weights of technical economy of the oil shale bearing field

参数	权重 (w)	lamda-max	CI	RI	CR
开采方式	0.0224927	14.0606	0.0047	1.46	0.003219
工程地质	0.0418573				
水文地质	0.0418573				
环境地质	0.0793044				
构造复杂性	0.1284394				
矿体稳定性	0.0418573				
矿体埋深	0.0418573				
勘查程度	0.1284394				
交通运输	0.2122716				
水源	0.0761113				
电力供给	0.0418573	0.0224927	0.003219	1.46	0.003219
地形地貌	0.0418573				
地理位置	0.0224927				
环境影响	0.0793044	0.0793044	0.003219	1.46	0.003219

分为近期、中期、远期 3 类(图 2):

I 类—近期开发区域:地质资源因素与技术经济因素双优区;该区域油页岩的资源条件好,开采与开发条件亦好,目前项目可以启动的油页岩含矿区。

II 类—中期开发区域:地质资源因素与技术经济因素次优区;该区域资源条件好,而开采与开发条件中等时,此时的策略是油页岩含矿区开发项目应当缓行,在充分的可行性论证基础上,解决技术经济问题的障碍,再启动项目;或资源条件中等,而技术经济条件好时,油页岩含矿区开发项目也应缓行,应了解资源供给的充足程度,市场状况,以防开工后无米下锅,或资源价格昂贵,受资源供给方的制约。

III 类—远期开发区域:地质资源因素或技术经济因素较差区;该区域由于双因素中有一个较差,目前油页岩资源不宜开发,应放弃油页岩含矿区开发项目,待条件成熟后方可考虑。

采用双因素法开展油页岩含矿区开发优选,方法简便适用,是优中选优,次优中选优,只有地质资源与技术经济因素双优的油页岩含矿区才会进入优先开发序列。

该方法较好地解决了在应用综合指标评价法开展油页岩含矿区开发优选时,遇到资源条件优,总分较高,却因为技术经济或政策因素难以优先开发,或者总分较高,而资源条件差,目前开发难以有效益,为此需要人为干预和调整优选结果的问题。

4 结 论

(1)油页岩含矿区开发优选的双因素指标体系分目标层、指标层、条件层、参数层 4 个层次,包括 22 个参数。其中,地质资源因素包括含油率、发热量、灰分、全硫含量、主采层厚度、储量、资源丰度、共生可利矿产 8 个参数,权重分别为 0.276,0.072,0.045,0.045,0.045,0.276,0.121,0.120;技术经济因素包括开采方式、水文地质、工程地质、环境地质、构造复杂性、矿体稳定性、矿体埋深、勘查程度、交通运输、水源、电力供给、地形地貌、地理位置、环境影响 14 个参数,权重分别为 0.023,0.042,0.042,0.079,0.128,0.042,0.042,0.128,0.212,0.076,0.042,0.042,0.022,0.078。

(2)优选参数的等级划分采用 3 分法,分为好、中、差 3 级,参数赋分采用中位值法。

(3)双因素法开展油页岩含矿区开发优选,从多

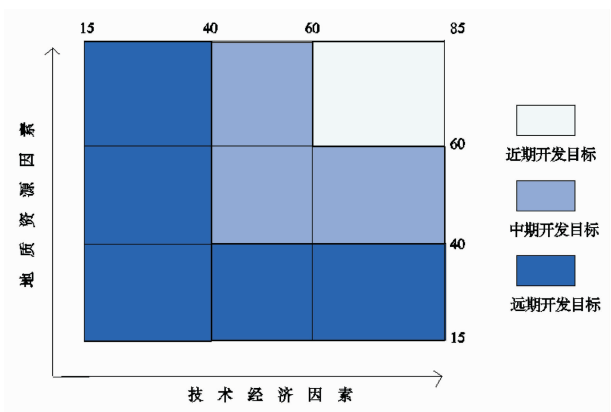


图 2 油页岩含矿区开发优选双因素战略规划图
Fig.2 Dual-factor development optimization strategic plan of the oil shale bearing field

角度分析油页岩资源开发利用的优劣,较好解决综合指标评价法进行油页岩含矿区开发优选的不足,更具可行性和合理性。

参考文献 (References):

[1] 刘招君,董清水,叶松青,等.中国油页岩资源现状[J].吉林大学学报(地球科学版),2006,36(6):869-876.
Liu Zhaojun, Dong Qingshui, Ye Songqing, et al. The situation of oil shale resource in China [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36 (6):869-876 (in Chinese with English abstract).

[2] 宋国耀,肖克炎,朱裕生.美国矿产资源评价状况[J].物探化探计算技术,1999,21(4):301-306.
Song Guoyao, Xiao Keyan, Zhu Yusheng. The mineral resources evaluation in USA [J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 1999, 21 (4):301-306 (in Chinese with English abstract).

[3] 李金发,吴巧生.矿产资源战略评价体系研究[M].武汉:中国地质大学出版社,2006.
Li Jinfa, Wu Qiaosheng. Research on Mineral Resource Strategic Appraisal System [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2006 (in Chinese with English abstract).

[4] 王礼茂.矿产资源综合评价方法的探讨[J].中国地质经济,1989,9:33-35.
Wang Limao. On comprehensive evaluation of mine reserves [J]. Geological Economy of China, 1989, 9:33-35 (in Chinese with English abstract).

[5] 秦震.区域矿产资源技术经济评价方法的研究[J].四川地质学报,1993,13(3):248-261.
Qin Zhen. Research on technical and economic assessment methodology of regional mineral resources [J]. Acta Geological Sichuan, 1993, 13(3):248-261 (in Chinese with English abstract).

- [6] 杨昌明, 陈龙桂. 区域矿产资源优度及其评价指标体系 [J]. 地质科技情报, 1990, 9(4):51-57.
Yang Changming, Chen Longgui. Regional mineral resources dominant and its index system of evaluation [J]. Geological Science and Technology Information, 1990, 9(4):51-57 (in Chinese with English abstract).
- [7] 秦跃群, 姚书振. 区域矿产资源战略评价:以新疆为例[J]. 中国地质大学学报, 2006, 6(4):64-68.
Qin Yuequn, Yao Shuzhen. Regional mineral resource strategy appraisal:A case study of Xinjiang [J]. Journal of China University Geosciences, 2006, 6(4):64-68(in Chinese with English abstract).
- [8] 中国煤田地质总局. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京:煤炭工业出版社, 1996.
China National Administration of Coal Geology. Coal Accumulating and Coal Resource Evaluation of Ordos Basin [M]. Beijing:China Coal Industry Publishing House, 1996(in Chinese).
- [9] 毛保华. 评价指标体系分析及其权重系数的确定 [J]. 系统工程, 1991, 9(4):37-42.
Mao Baohua. Analysis to evaluation index with the determination of their weights[J]. System Engineering, 1991, 9(4):37-41 (in Chinese with English abstract).
- [10] 王志宏, 彭世济, 张达贤. 矿产资源地质条件综合评价方法[J]. 中国矿业, 1995, 4(4):20-22.
Wang Zhihong, Peng Shiji, Zhang Daxian. A method for comprehensive evaluation of geological condition of mineral resources [J]. China Mining Magazine, 1995, 4(4):20-22 (in Chinese with English abstract).
- [11] 张瑞新, 张幼蒂, 张先尘. 露天煤田开发条件的综合评价 [J]. 中国矿业, 1993, 2(4):9-14.
Zhang Ruixin, Zhang Youdi, Zhang Xianchen. Synthetic evaluation of condition for opening-up coal-field [J]. China Mining Magazine, 1993, 2(4):9-14 (in Chinese with English abstract).
- [12] 张瑞新, 张幼蒂. 露天煤田开发条件综合评价的指标体系和权重的确定[J]. 贵州工学院学报, 1995, 24(2):32-37.
Zhang Ruixin, Zhang Youdi. Determination of the index system and weights for the comprehensive evaluation opening-up coal-field[J]. Journal of Guizhou Institute of Technology, 1995, 24(2):32-37(in Chinese with English abstract).
- [13] 汪云甲, 黄宗文. 矿产资源评价及其应用研究[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 1998.
Wang Yunjia, Huang Zongwen. Study on mineral resource evaluation and application [M]. Xuzhou:China University of Mining & Technology Press, 1998(in Chinese).
- [14] 汪应宏, 汪云甲. 煤炭开采成本的预测方法研究[J]. 煤炭学报, 1999, 24(2):216-220.
Wang Yinghong, Wang Yunjia. Research on predictive method for production cost of coal[J]. Journal of Coal, 1999, 24(2):216-220(in Chinese with English abstract).
- [15] 朱建伟, 李殿超, 李云辉, 等. 中国南方区油页岩资源状况及开发目标优选 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2006, 36(6):1015-1018.
Zhu Jianwei, Li Dianchao, Li Yunhui, et al. Oil shale state in south of China and development optimism[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6):1015-1018(in Chinese with English abstract).
- [16] 刘招君, 杨虎林, 董清水, 等. 中国油页岩[M]. 北京:石油工业出版社, 2009.
Liu Zhaojun, Yang Hulin, Dong Qingshui, et al. Oil Shale in China[M]. Petroleum Industry Press, 2009(in Chinese).
- [17] 陈会军, 刘招君, 朱建伟, 等. 油页岩含矿区开发优选的指标体系和权重系数的确定[J]. 中国地质, 2009, 36(6):1359-1365.
Chen Huijun, Liu Zhaojun, Zhu Jianwei, et al. Determination of the index system and weights for development optimism of oil shale containing field [J]. Geology in China, 2009, 36(6):1359-1365(in Chinese with English abstract).
- [18] 白云来, 马龙, 吴武军. 西北地区油页岩地质特征、资源现状及其开发利用条件分析[J]. 中国地质, 2007, 34(6):1109-1114.
Bai Yunlai, Ma Long, Wu Wujun. Geological characteristics and reserves of oil shale in northwestern China and its exploitation and utilization conditions [J]. Geology in China, 2007, 34(6):1109-1114(in Chinese with English abstract).
- [19] 陈永清, 夏庆霖, 黄静宁, 等. “证据权”法在西南“三江”南段矿产资源评价中的应用[J]. 中国地质, 2007, 34(1):132-141.
Chen Yongqing, Xia Qinglin, Huang Jingning, et al. Application of the weights-of-evidence method in mineral resource assessments in the southern segment of the “Sanjiang metallogenic zone”, southwestern China [J]. Geology in China, 2007, 34(1):132-141(in Chinese with English abstract).
- [20] 姜云, 吴立新. 中国煤炭城市生态环境评价指标体系的构建[J]. 中国矿业, 2003, 12(3):23-25.
Jang Yun, Wu Lixin. The construction of ecological environment assessment index system in Chinese coal cities [J]. China Mining Magazine, 2003, 12(3):23-25(in Chinese with English abstract).
- [21] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process [M]. New York:Mc-Graw-Hill, 1980:32-45.

Dual-factor method for development optimization of oil shale bearing fields

CHEN Hui-jun¹, LIU Zhao-jun^{2,3}, ZHU Jian-wei^{2,3}, FU Zhan-rong⁴

(1. *Shenyang Center of China Geological Survey, Shenyang 110032, Liaoning, China*; 2. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*; 3. *Laboratory Center of Oil Shale, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*; 4. *No. 108 Geological Party, Inner Mongolia Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China*)

Abstract: China has abundant oil shale resources. The utilization of these resources requires the development of oil shale resources on the scientific and rational basis. It is thus necessary to conduct optimization of oil shale bearing fields, which can provide scientific evidence for strategic planning and rational exploitation of oil shale, thus achieving optimal decision. The dual-factor method for development optimization of oil shale bearing fields is based on the idea that oil shale resources should be strategically planned through appraising geological resources and technical economy of the oil shale bearing field. Based on a study of factors controlling geological resources and technical economy of oil shale resource development and utilization, the authors quantitatively calculated weight of parameters by analytical hierarchy process, calculated score of geological resources and technical economic factors according to parameter features of the oil shale bearing field, and then evaluated superiority and inferiority of oil shale bearing fields according to the score of dual-factor and the planning development rank of the oil shale field. This method makes up the shortcoming of the aggregate index evaluate method

Key words: oil shale; oil bearing field; development optimization; dual-factor method

About the first author: CHEN Hui-jun, male, born in 1967, doctor and senior engineer, mainly engages in the study of evaluating oil shale and analyzing petroliferous basin; E-mail: chjcc@126.com.