

中国油页岩含矿区开发优选规划

陈会军¹, 刘招君², 朱建伟², 付占荣³, 钱 程¹, 杜家榆⁴

(1. 沈阳地质矿产研究所/中国地质调查局 沈阳地质调查中心 辽宁 沈阳 110034 ;

2. 吉林大学 地球科学学院 吉林 长春 130061 ; 3. 内蒙古自治区有色地质勘查局 108 队 内蒙古 赤峰 204000 ;

4. 包头市矿产资源管理与服务中心 内蒙古 包头 014000)

摘 要 :根据在中国地质调查局和国土资源部项目研究中积累的大量油页岩含矿区开发数据 ,采用油页岩含矿区开发优选双因素法对我国 41 个盆地 81 个油页岩含矿区中的 23 个开展开发优选排序 .其结果显示 近期开发目标有 8 个 ,分别是辽宁抚顺 ,吉林桦甸、罗子沟 ,山东黄县 ,甘肃窑街 ,海南儋州 ,广东茂名和高州含矿区 .中期开发目标有 9 个 ,分别是广东电白 ,甘肃炭山岭、崇信 ,新疆妖魔山 ,山东昌乐五图、兖州 ,青海小峡 ,内蒙古奈曼和黑龙江达连河含矿区 .远期开发目标有 6 个 ,为陕西铜川 ,广西钦州 ,河北卢龙鹿尾山、丰宁大阁、四岔口和甘肃华亭含矿区 .

关键词 :油页岩 ;含矿区 ;开发优选 ;战略规划

OPTIMIZATION PLANNING FOR DEVELOPMENT OF THE OIL SHALE ORE FIELDS IN CHINA

CHEN Hui-jun¹, LIU Zhao-jun², ZHU Jian-wei², FU Zhan-rong³, QIAN Cheng¹, DU Jia-yu⁴

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110034, China; 2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 3. No. 108 Geological Party, Inner Mongolia Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China;

4. Baotou Mineral Resources Management and Service Center, Baotou 014000, Inner Mongolia, China)

Abstract :Based on the large amount of data about oil shale ore fields from the oil shale-researching project of CGS, 23 of 81 oil shale ore areas in 41 basins are optimized by the dual-factor optimization method for development. The results are as follows: 8 oil shale areas to be developed in short term, 9 areasa to be developed in the mid-term, and 6 areas to be developed in long term.

Key words :oil shale; ore field; optimization for development; strategic planning

0 引言

2004~2006 年我国首次开展了全国性油页岩资源评价工作 ,揭示了油页岩资源的分布规律及特征 .我国油页岩资源分布在 20 个省和自治区的 41 个盆地 ,共有 80 个含矿区 ,油页岩资源规模为 $7199.37 \times 10^8 \text{ t}$,可转化为页岩油资源为 $476.44 \times 10^8 \text{ t}^{[1-3]}$.而国土资源部组织石油公司开展的石油地质资源量最新动态评价结果表明 ,我国石油地质资源量 $881 \times 10^8 \text{ t}$,可采资源

量 $233 \times 10^8 \text{ t}^{[4]}$.因此 ,如何合理、科学、有序地利用好巨大的油页岩资源服务于国民经济发展 ,需要开展油页岩含矿区开发利用优选 ,以确定油页岩开发利用的顺序 ,为制定油页岩资源战略发展规划提供科学依据 ,从而实现更优决策^[5] .

1 油页岩资源开发优选单元的划分

1.1 基本思路

收稿日期 2013-02-26 ,修回日期 2013-04-16 .编辑 张哲 .

基金项目 :中国地质调查局地质大调查项目 (12120110813079-2) 及东北地区花岗岩地质编图项目 (1212011121084) 资助 .

作者简介 :陈会军 (1967—) ,男 ,博士 ,高级工程师 ,主要从事含油气盆地分析、油页岩资源评价及区域地质调查工作 ,通信地址 辽宁省沈阳市皇姑区黄河大街 1 号 ,E-mail//chjcc@126.com

通信作者 :刘招君 (1951—) ,男 ,博士生导师 ,主要从事层序地层和盆地分析方面的教学和研究 ,E-mail//liuzj@jlu.edu.cn

基于开发的油页岩含矿区优选的基本思路是根据约束油页岩开发利用的各个因素, 定性与定量相结合地确定评价单元的综合优度, 据此进行排序, 按照需要与可能规划适合近期、中期、远期开发利用的优先顺序。

(1) 以现有的地质报告、科研成果和其他地质、地球物理资料为基础, 以首次“全国油页岩资源评价”等项目为基本素材, 广泛收集现有生产、施工和外部建设条件的资料、信息数据。

(2) 影响油页岩开发建设的因素繁多, 但归纳起来可以分为内部地质资源和外部技术经济两个方面。两方面评价参数的选择不仅要符合目前油页岩工业技术水平和油页岩地质勘查的实际情况, 还要从发展的眼光考虑, 注意参数在今后一定时期内的针对性、适应性和科学性。

(3) 评价单元(含矿区)的综合优度是评价参数优劣程度的综合反映。给评价参数的分级赋分, 首先建立赋分分级标准, 然后采用中位值法对评价参数赋值。

(4) 基于开发的油页岩含矿区优选评价方法采用开发优选双因素战略规划法, 综合评定油页岩含矿区近期、中期、远期开发利用的优先顺序。

(5) 利用计算机模拟优选流程。基于开发的油页岩含矿区优选利用计算机模拟完成。计算机模拟是应用专家系统技术、计算机模拟技术、系统分析及评价等方法, 建立智能性决策支持系统。其实现过程可以归纳如图 1。

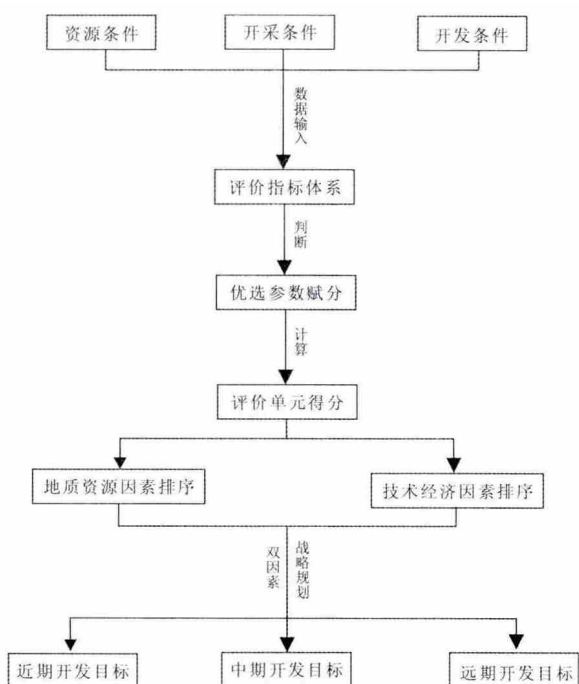


图 1 基于开发的油页岩含矿区优选计算机模拟工作流程图

Fig. 1 Flowchart of computer simulation for the oil shale ore area optimization based on development

(6) 采用资料以优选工作开始日为截止时间。

2 划分方案

开发优选单元是指油页岩资源有利开发目标区优选的单位, 开发优选单元的划分是优选工作的一个重要环节。首次“全国油页岩资源评价”把全国划分为大区、盆地、含矿区、勘查区(预查区)4 类评价单元。本文有利开发目标区优选的评价单元划定为含矿区。

油页岩含矿区是由一系列在空间、时间、成因上紧密相连的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)^[2-3]。

优选工作中把勘查程度达到勘探、详查阶段的油页岩含矿区列为优选单元。

达到勘探程度油页岩含矿区的确定是依据下列条件:

①含矿区包含的勘查区的勘查程度达到勘探阶段; 或

②有没达到勘探阶段的勘查区, 但探明资源占含矿区资源的 1/3 以上。

达到详查程度油页岩含矿区的确定是依据下列条件:

①含矿区包含的勘查区的勘查程度达到详查阶段; 或

②有没达到详查阶段的勘查区, 但探明资源与控制资源之和占含矿区资源的 1/3 以上。

根据上述优选单元的划分依据, 本文从全国 41 个盆地 81 个油页岩含矿区中共划分出 23 个油页岩含矿区开发优选单元, 包括: 吉林桦甸、罗子沟, 辽宁抚顺, 甘肃窑街, 山东黄县, 黑龙江达连河 6 个正在开发利用的油页岩含矿区; 广东电白、高州、茂名, 海南儋州, 陕西铜川, 甘肃碳山岭, 河北丰宁大阁、卢龙鹿尾山, 山东兖州, 青海小峡, 广西钦州 11 个达到勘探阶段的油页岩含矿区; 内蒙古奈曼, 河北丰宁四岔口, 山东昌乐五图, 甘肃华亭、崇信, 新疆妖魔山 6 个达到详查阶段的油页岩含矿区。依据地质报告的叙述, 将 23 个油页岩含矿区的基本特征列表(表 1)。

3 优选参数的获取

制约油页岩资源开发利用所选取的参数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。而从自然因素、生产技术水平、社会经济

表 1 开发优选页岩岩含矿区基本特征表
Table 1 Features of the optimal oil shale ore areas for development

含矿区		层系			沉积相	矿层数	矿层厚度/m	矿层面积/km ²	矿层倾向角/(°)	埋深/m			平均 体重/ (t/m ³)	平均 发热量/ (MJ/kg)	平均 灰分/ %	平均 资源/ 10 ⁴ t
名称	勘查 程度	系	统(群)	组						最小	最大	最小				
桦甸	勘探	古近系		桦甸组	湖相	13	12.1	32.4	5~13	0	1000	24.8	8.59	1.99	9.99	69.37 70523
罗子沟	勘探	白垩系	下统	大砬子组	湖相	27	49.9	12.3	6	0	800	3.51	14.37	6.04	20.35	76.39 109127
奈曼	详查	白垩系	下统	阜新组	湖相	19	74.0	6.7	7~10	0	800		5.50	1.87	4.82	81.31 55734
达连河	勘探	古近系		达连河组	湖相	5	6.1	15.9	26	0	1000	4.22	9.12	6.85	2	7.59 84.35 19416
抚顺	勘探	古近系	始新统	计军屯组	湖沼	2	49.2	35.0	8	0	750		5.86	2.12	4.75	76.1 365195
丰宁大阁	详查	白垩系	下统	南店组	湖沼	6	11.0	1.3	30	0	350		6.06	2.11	4.94	84.14 3024
丰宁四岔口	勘探	白垩系	下统	西瓜园组	湖沼	21	32.7	6.1	10~30	40	530		5.29	2.08		82.9 16318
卢龙鹿尾山	详查	侏罗系	上统	鹿尾山组	湖泊	1	7.4	0.4	55	20	300	4.28	13.23	8.50	2.09	3.87 86 615
昌乐五图	详查	古近系	始新统	五图组	湖泊	3	46.1	5.3	5~20	200	850		5.93	1.72	10.04	59.61 42283
黄县	勘探	古近系	始新统	黄县组	湖泊	6	6.2	75.0	3~20	60	1000		13.82	1.64	11.66	58.45 75830
兖州	勘探	石炭	上统	太原组	滨岸、沼泽	1	1.8	21.4	3~13	360	710		16.51	1.59	20.53	46.51 6195
铜川	详查	三叠	上统	延长组	浅水、湖相	1	13.9	35.1	0~40	0	250		6.53	1.9	74.5	92664
华亭	详查	侏罗系	中统	延安组	内陆、湖相	1	3.3	39.4	5~48	0	1000		8.17	1.83		58.53 16205
崇信	详查	二叠	下统	下石盒子组	内陆、湖相	2	5.6	1.7	50~62	0	180	3.50	8.61	5.71	2.16	87.38 2013
茂名	勘探	古近、新近系		油柑窝、尚村组	湖相	2	22.4	37.5	4~8	0	722	4.02	11.07	6.47	1.74	6.90 74.2 157744
高州	勘探	古近、新近系		油柑窝、尚村组	湖相	6	24.7	61.0	3~7	0	850		5.62	1.76	4.51	79.34 264858
电白	勘探	古近、新近系		油柑窝、尚村组	湖相	2	16.3	88.8	4~12	0	850		6.51	1.78	7.34	72.96 257428
钦州	勘探	新近系	邑宁群	下组	湖泊、沼泽	7	2.3	4.6	8~15	0	330		6.45	1.71	11.07	64.16 1819
儋州	勘探	新近系	中新统	长坡组	沼泽相	3	52.9	31.0	15	30	357		4.86	1.6	5.68	70.74 261767
窑街	勘探	侏罗系	中统	窑街组	湖泊、湖沼	2	18.6	10.5	70	0	1000		5.55	2.07	6.93	69.87 31820
碱山岭	勘探	侏罗系	中统	窑街组	湖沼	2	20.1	62.6	30	0	1000		6.07	2.3	5.36	74.56 138353
小峡	详查	侏罗系	中统	窑街组	湖沼	1	4.3	6.4	10	0	800	5.22	10.54	10.32	1.86	9.86 62.21 5716
妖魔山	详查	二叠系	中统	芦草沟组	湖相	10	53.3	2.3	70	0	590		7.00	2.17	7.85	77.35 26682

条件 3 个角度分析,主要可概括为地质资源因素和技术经济因素两个方面.技术经济因素又可分为开采技术和开发技术两个条件^[6-7].

本文选取油页岩含矿区开发优选参数 22 个,采用层次分析,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.其中,基于开发的优选地质资源参数包括 8 个:平均含油率、发热量、灰分、全硫含量、主采矿层厚度、储量、资源丰度和共生矿可利用矿产.基于开发的优选技术经济因素 14 个,分为开采技术条件和开发条件两类.开采技术条件优选参数包括 8 个:开采方式、水文地质、工程地质、环境地质条件、地质构造复杂程度、矿层稳定程度、平均厚度、埋深.开发条件优选参数包括 6 个:交通运输、水源、电力供给、地形地貌、地理位置、环境影响^[5 8].

优选参数分为定量数据型和定性赋值型两类.

定量数据型参数值的获取方法有两种:

①从首次“全国油页岩资源评价”、“全国油页岩资源潜力分析”以及地质勘查报告查找,如:可采层厚度、

矿体埋深.

②从“全国油页岩资源评价”、“全国油页岩资源潜力分析”评价成果表中直接查取相关数据,通过计算求取参数值,如:油页岩资源丰度(油页岩资源与矿层面积比值)、平均含油率、灰分、发热量、全硫含量、储量等.其中,储量为油页岩含矿区的探明与控制资源之和.有些含矿区没有全硫含量的数据,本文选取平均值.

定性赋值型参数,如勘查开发程度、勘查程度、工程地质、水文地质、环境地质、构造复杂程度、矿体稳定程度、地理位置、交通运输、地形地貌、共生有益矿产等参数从地质勘查报告中直接获取,水源、电力供给、环境影响等参数根据地质报告获取的信息分析后确定.

根据收集的基础资料,经分析整理,获得基础数据表(表 2、3).

4 优选参数分级和赋分

参照固体矿产、常规油气和煤炭资源评价的标准,

表 2 基于开发的油页岩含矿区优选地质资源参数基础表

Table 2 Geological resources parameters of optimal oil shale ore areas based on development

指标层		地质资源参数							
条件层		资源条件							
参数层		含油率/%	发热量/(MJ/kg)	灰分/%	全硫含量/%	可采层厚度/m	储量/ 10^4 t	资源丰度/(10^4 t/km ²)	共生矿产
敦密	吉林桦甸	8.59	10.99	62.37	—	2.25	57111	2244	正在利用
抚顺	辽宁抚顺	5.86	4.75	76.10	—	24.60	365194	10434	正在利用
罗子沟	吉林罗子沟	6.04	20.35	76.39	—	1.94	18451	8887	正在利用
胶莱	山东黄县	13.82	11.66	58.45	—	1.03	45119	1011	正在利用
依兰伊通	黑龙江达连河	6.85	7.59	71.24	—	1.25	4784	1220	正在利用
杨树沟	内蒙古奈曼	5.50	4.82	81.39	1.55	3.89	26790	8331	—
丰宁	河北丰宁大阁	6.06	4.94	84.14	—	1.83	3025	2308	—
燕河营	河北卢龙鹿尾山	8.50	3.87	86.00	—	7.43	533	1538	—
四岔口	河北丰宁四岔口	5.29	3.78	88.90	—	1.56	9068	2662	—
渤海湾	山东昌乐五图	5.93	10.04	59.61	—	15.37	16777	7933	可利用
济宁	山东兖州	16.51	20.93	46.51	—	1.82	6195	289	可利用
鄂尔多斯	陕西铜川	6.53	—	74.05	—	13.90	2303	2642	—
鄂尔多斯	甘肃华亭	8.17	—	58.53	0.75	3.33	9261	412	可利用
鄂尔多斯	甘肃崇信	5.71	—	87.38	—	2.78	2013	1198	可利用
茂名	广东电白	6.51	7.34	72.96	1.20	8.14	157744	2899	可利用
茂名	广东高州	5.62	4.51	79.34	1.58	4.11	264857	4342	可利用
茂名	广东茂名	6.47	6.9	74.2	1.14	11.2	257427	4223	可利用
北部湾	海南儋州	4.87	5.68	70.74	3.05	17.63	261767	8463	可利用
钦县	广西钦州	6.45	11.07	64.16	3.50	0.78	4792	402	可利用
民和	甘肃窑街	10.86*	7.94*	69.87	0.63	7.21	30274	3028	正在利用
民和	甘肃炭山岭	6.07	5.36	74.56	0.65	10.06	46795	2209	可利用
西宁	青海小峡	10.32	9.86	62.21	3.18	4.32	4792	899	可利用
准噶尔	新疆妖魔山	7.00	7.85	77.35	—	5.34	26682	11551	—

* 数据来源于文献[9].

表 3 基于开发的油页岩含矿区优选技术经济参数基础表

Table 3 Technical and economic parameters of optimal oil shale ore areas based on development

指标层		技术经济参数													
条件层		开采、开发条件													
参数层		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/m	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
敦密	吉林桦甸	井巷	简单	简单	简单	简单	稳定	490	开发	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
抚顺	辽宁抚顺	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	375	开发	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
罗子沟	吉林罗子沟	露天	简单	简单	简单	中等	较稳定	400	开发	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
胶莱	山东黄县	井巷	简单	简单	简单	简单	稳定	530	开发	交通便利	就地解决	充足	平原	发达地区	中等
依兰伊通	黑龙江达连河	井巷	中等	中等	中等	中等	较稳定	500	开发	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
杨树沟	内蒙古奈曼	露天	简单	简单	简单	简单	较稳定	400	详查	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
丰宁	河北丰宁大阁	露天	简单	简单	简单	中等	较稳定	175	勘探	交通便利	就地解决	充足	低山	中等发达	轻微
燕河营	河北卢龙鹿尾山	露天	简单	简单	简单	中等	稳定	160	勘探	交通便利	就地解决	充足	低山	中等发达	轻微
四岔口	河北丰宁四岔口	露天	简单	简单	简单	中等	较稳定	285	详查	距干线100 km内	就地解决	充足	低山	中等发达	轻微
渤海湾	山东昌乐五图	井巷	简单	简单	简单	中等	较稳定	525	详查	交通便利	就地解决	充足	丘陵	发达地区	中等
济宁	山东兖州	井巷	简单	简单	简单	简单	稳定	535	勘探	交通便利	就地解决	充足	丘陵	发达地区	中等
鄂尔多斯	陕西铜川	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	125	勘探	交通便利	就地解决	充足	黄土塬	欠发达	轻微
鄂尔多斯	甘肃华亭	井巷	简单	简单	简单	中等	较稳定	1000	详查	交通便利	就地解决	充足	山地	欠发达	轻微
鄂尔多斯	甘肃崇信	露天	简单	简单	简单	中等	较稳定	90	详查	交通便利	就地解决	充足	山地	欠发达	轻微
茂名	广东电白	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	425	勘探	交通便利	就地解决	充足	丘陵	发达地区	中等
茂名	广东高州	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	425	勘探	交通便利	就地解决	充足	丘陵	发达地区	中等
茂名	广东茂名	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	361	勘探	交通便利	就地解决	充足	丘陵	发达地区	中等
北部湾	海南儋州	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	194	勘探	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
钦县	广西钦州	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	165	勘探	交通便利	就地解决	充足	丘陵	中等发达	轻微
民和	甘肃窑街	井巷	简单	简单	简单	中等	较稳定	500	开发	交通便利	就地解决	充足	山地	欠发达	轻微
民和	甘肃炭山岭	井巷	简单	简单	简单	中等	较稳定	500	勘探	交通便利	就地解决	充足	山地	欠发达	轻微
西宁	青海小峡	露天	简单	简单	简单	简单	稳定	400	勘探	交通便利	就地解决	充足	山地	欠发达	轻微
准噶尔	新疆妖魔山	露天	简单	简单	简单	复杂	较稳定	285	详查	交通便利	就地解决	充足	山地	中等发达	轻微

应用层次分析法按地质资源方面和技术经济方面两个体系构建评价指标体系及等级赋分体系(表 4、5)^[5 8]。

将油页岩含矿区优选参数的优劣程度分为好、中、差 3 级,分别对应以一级、二级、三级表示,分别赋值 100~70 分、70~30 分、30~0 分。根据优选单元的基础数据表(表 2、3),经判断汇总,获得基于开发的全国油页岩含矿区优选地质资源参数赋分表(表 6)和基于开发的全国油页岩含矿区优选技术经济参数赋分表(表 7)。

5 优选与评价

5.1 基于开发的油页岩含矿区优选

按照油页岩含矿区开发优选的双因素法确定 22 个参数的权重^[5 8],再依据表 6、7 的赋分,经计算机模拟完成油页岩含矿区的开发优选排序,其结果见表 8。

依据表 8,按照油页岩含矿区开发优选双因素法^[5 8 10]完成油页岩含矿区开发优选双因素战略规划图(图 2)。

表 4 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表

Table 4 Grading of geological resources indexes of the optimal oil shale ore areas for development

评价指标			分级赋分		
指标层	条件层	参数层	一级	二级	三级
			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

油页岩含矿区战略规划图显示 23 个油页岩含矿区中,列入近期开发目标的有 8 个,分别是辽宁抚顺,吉林桦甸、罗子沟,山东黄县,甘肃窑街,海南儋州,广

表 5 油页岩含矿区开发优选的技术经济因素参数
等级划分与赋分表

Table 5 Grading of technical and economic indexes of the optimal oil shale ore areas for development					
评价指标			分级赋分		
指标层	条件层	参数层	一级 100~70	二级 70~30	三级 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
	开发条件	矿体埋深/m	0~100	100~500	500~1000
		交通运输	交通便利	距干线 100 km内	距干线 100 km以上
		水源	就地解决	缺水 30 km 内解决	缺水 30 km 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、	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
		勘查程度	已开发	勘探	详查

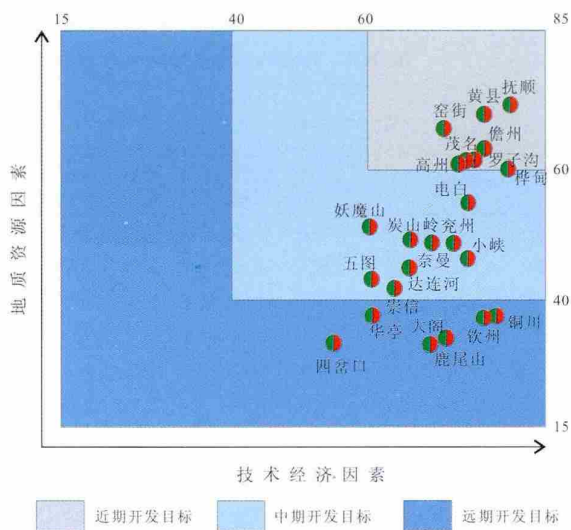


图 2 油页岩含矿区开发优选双因素战略规划图

Fig. 2 Dual-factor optimization strategic plan for the oil shale ore areas development

东茂名和高州含矿区列入中期开发目标的有 9 个,分别是广东电白,甘肃炭山岭、崇信,新疆妖魔山,山东昌乐五图、兖州,青海小峡,内蒙古奈曼和黑龙江达连河含矿区,列入远期开发目标的有 6 个,为陕西铜川,广西钦州,河北卢龙鹿尾山、丰宁大阁、四岔口和甘肃华

表 6 基于开发的油页岩含矿区优选地质资源参数赋分表

Table 6 Scores of geological resources parameters of the optimal oil shale ore areas based on development									
指标层		地质资源参数							
条件层		资源条件							
参数层		含油率	发热量	灰分	全硫含量	可采层厚度	储量	资源丰度	共伴生矿产
抚顺	辽宁抚顺	50	15	50	85	85	85	85	85
胶莱	山东黄县	85	85	85	85	15	50	50	85
民和	甘肃窑街	85	50	50	85	85	50	50	85
北部湾	海南儋州	50	50	50	50	85	85	85	50
罗子沟	吉林罗子沟	50	85	50	85	50	50	85	85
茂名	广东高州	50	50	50	85	85	85	50	50
茂名	广东茂名	50	50	50	85	85	85	50	50
敦密	吉林桦甸	50	85	85	85	50	50	50	85
茂名	广东电白	50	85	50	85	85	50	50	50
准噶尔	新疆妖魔山	50	50	50	50	85	50	85	15
民和	甘肃炭山岭	50	15	50	85	85	50	50	50
杨树沟	内蒙古奈曼	50	15	50	85	85	50	85	15
济宁	山东兖州	85	85	85	85	50	15	15	50
西宁	青海小峡	85	50	85	50	85	15	15	50
依兰伊通	黑龙江达连河	50	50	50	85	15	15	50	85
渤海湾	山东昌乐五图	50	85	85	85	85	15	15	50
鄂尔多斯	甘肃崇信	50	50	15	85	85	15	50	50
鄂尔多斯	陕西铜川	50	50	50	85	85	15	50	15
鄂尔多斯	甘肃华亭	50	50	85	85	50	15	15	50
钦县	广西钦州	50	85	85	50	15	15	15	50
燕河营	河北卢龙鹿尾山	50	15	15	85	85	15	50	15
丰宁	河北丰宁大阁	50	15	15	85	50	15	50	15
四岔口	河北丰宁四岔口	50	15	15	85	50	15	50	15

表 7 基于开发的油页岩含矿区优选技术经济参数赋分表

条件层		技术经济参数													
指标层		开采、开发条件													
参数层		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
敦密	吉林桦甸	15	85	85	85	85	85	50	85	85	85	85	50	50	85
抚顺	辽宁抚顺	50	85	85	85	85	85	50	85	85	85	85	50	50	85
鄂尔多斯	陕西铜川	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	85	15	85
胶莱	山东黄县	15	85	85	85	85	85	15	85	85	85	85	50	85	50
北部湾	海南儋州	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	50	50	85
钦县	广西钦州	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	50	50	85
罗子沟	吉林罗子沟	50	85	85	85	50	50	50	85	85	85	85	50	50	85
茂名	广东电白	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	50	85	50
茂名	广东高州	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	50	85	50
茂名	广东茂名	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	50	85	50
西宁	青海小峡	50	85	85	85	85	85	50	50	85	85	85	15	15	85
燕河营	河北卢龙鹿尾山	50	85	85	85	50	85	50	50	85	85	85	50	50	85
济宁	山东兖州	15	85	85	85	85	85	15	50	85	85	85	50	85	50
民和	甘肃窑街	15	85	85	85	50	50	50	85	85	85	85	15	15	85
杨树沟	内蒙古奈曼	50	85	85	85	85	50	50	15	85	85	85	50	50	85
丰宁	河北丰宁大阁	50	85	85	85	50	50	50	50	85	85	85	50	50	85
依兰伊通	黑龙江达连河	15	50	50	50	50	50	50	85	85	85	85	50	50	85
民和	甘肃炭山岭	15	85	85	85	50	50	50	50	85	85	85	15	15	85
鄂尔多斯	甘肃崇信	50	85	85	85	50	50	85	15	85	85	85	15	15	85
渤海湾	山东昌乐五图	15	85	85	85	50	50	15	15	85	85	85	50	85	50
鄂尔多斯	甘肃华亭	15	85	85	85	50	50	15	15	85	85	85	15	15	85
准噶尔	新疆妖魔山	50	85	85	85	15	50	50	15	85	85	85	15	50	85
四岔口	河北丰宁四岔口	50	85	85	85	50	50	50	15	50	85	85	50	50	85

表 8 基于开发的油页岩含矿区优选双因素排序表

Table 8 Dual-factor sorting of the optimal oil shale ore areas based on development

盆地名称	含矿区名称	地质资源因素排序	技术经济因素排序
抚顺	辽宁抚顺	69	80
胶莱	山东黄县	68	76
民和	甘肃窑街	67	71
北部湾	海南儋州	65	76
罗子沟	吉林罗子沟	63	75
茂名	广东高州	63	74
茂名	广东茂名	63	74
敦密	吉林桦甸	60	80
茂名	广东电白	56	74
准噶尔	新疆妖魔山	52	60
民和	甘肃炭山岭	51	67
杨树沟	内蒙古奈曼	51	70
济宁	山东兖州	51	72
西宁	青海小峡	49	74
依兰伊通	黑龙江达连河	45	68
渤海湾	山东昌乐五图	43	61
鄂尔多斯	甘肃崇信	42	65
鄂尔多斯	陕西铜川	39	77
鄂尔多斯	甘肃华亭	39	61
钦县	广西钦州	39	76
燕河营	河北卢龙鹿尾山	35	72
丰宁	河北丰宁大阁	34	70
四岔口	河北丰宁四岔口	34	58

亭含矿区。

5.2 优选开发目标区分析

经统计分析，开发优选目标区的油页岩储量为 $162.18 \times 10^8 \text{ t}$ ，其中近期开发目标区油页岩储量 $130.02 \times 10^8 \text{ t}$ ，中期开发目标区油页岩储量 $29.26 \times 10^8 \text{ t}$ ，远期开发目标区油页岩储量 $2.90 \times 10^8 \text{ t}$ ，分别占 80%、18%和 2%(图 3、表 9)。

由图 3 可以看出：近期开发目标所占的油页岩储量为 80%，后续可供开发的接续资源不足，会制约油页岩资源产业的发展。为保证油页岩作为石油能源的

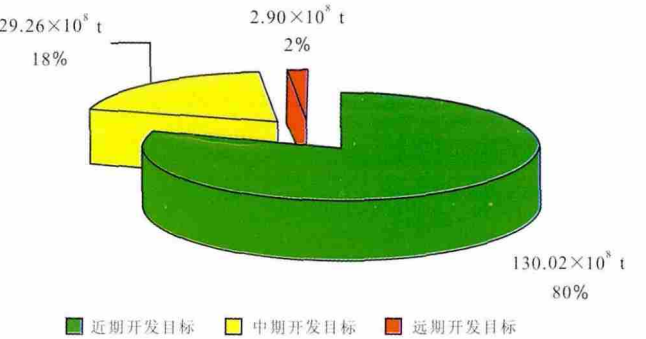


图 3 优选开发目标区油页岩资源分布特征图

Fig. 3 Oil shale resources distribution in the optimal targets for development

表 9 优选开发目标区油页岩资源分类表
Table 9 Oil shale resources classification in the optimal targets for development

开发规划目	个数	主要含矿区名称	油页岩资源/10 ⁸ t
近期开发区	8	辽宁抚顺,广东茂名、高州,吉林桦甸,甘肃窑街,吉林罗子沟,山东黄县,海南儋州	130.02
中期开发区	9	广东电白,甘肃碳山岭、崇信,内蒙古奈曼,新疆妖魔山,青海小峡,黑龙江达连河,山东昌乐五图、兖州	29.26
远期开发区	6	陕西铜川,河北卢龙鹿尾山、丰宁大阁、四岔口,广西钦州,甘肃华亭	2.90

替代产品,维护国家的能源安全,应进一步加大油页岩资源的勘探力度,挖掘我国油页岩资源的巨大潜力,促进油页岩产业的合理布局和发展。

对我国 23 个油页岩含矿区开展基于开发的双因素战略优选,从其战略规划分布图可见,地质资源因素从差到好跨越三级,而技术经济因素从中等到好,说明我国油页岩开发的技术经济条件较好,地质资源条件参差不齐。

(上接第 504 页 /Continued from Page 504)

遥感图像信息在制图中的应用,目前主要是用于地形图的修编与更新、影像地图的制作和专题地图的编制。其中以遥感资料的专题制图为当前的主要特点,由于遥感图像本身的信息量极其丰富,可根据制备的统一基础影像进行各种专题内容的解译,进而编制系列专题地图。实践证明应用遥感图像信息进行综合性

参考文献:

[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.
[2]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.
[3]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的确定[J].中国地质,2009,36(6): 1359—1365.
[4]新华网.中国石油地质资源量增至 881 亿吨[EB/OL].http://news.xinhuanet.com/fortune/2012-10/05/c_113282045.htm.
[5]陈会军,刘招君,朱建伟,等.油页岩含矿区开发优选的双因素法[J].中国地质,2011,38(3): 742—749.
[6]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.
[7]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.
[8]陈会军.油页岩资源潜力评价与开发优选方法研究[D].长春:吉林大学博士论文,2010.
[9]尚文智,李术元,施彦彦,等.甘肃窑街油页岩在 SJ 方型试验炉干馏试验研究[P].中国油母页岩,2009(1): 14—19.
[10]陈会军,刘招君.相似类比面积丰度法估算油页岩资源潜力——以茂名盆地为例[J].中国地质,2012,39(5): 1427—1438.

的系列制图是行之有效的,并已广为利用。

参考文献:

[1]陈立.基于 MapGIS K9 的地质制图的应用[J].价值工程,2011(24): 47.
[2]卫清,罗伟,龙霞.MapGIS 在绘制矿产资源规划图件中的应用技巧[J].四川地质学报,2009,29(2): 237—239.