

# 新疆巴里坤县大长沟盆地东部油页岩地质特征与资源评价

王玲<sup>1</sup>, 刘同庆<sup>1</sup>, 刘晓<sup>1</sup>, 杨振<sup>2</sup>, 韦欣<sup>2</sup>

(1. 山东省煤田地质局第五勘探队, 济南 250100;

2. 山东省煤田地质局第三勘探队, 泰安 271000)

**摘要:** 随着世界范围内油气资源的紧张, 油页岩成为一种重要的能源来源。我国油页岩资源十分丰富, 在国内多个盆地均有发现。新疆巴里坤县大长沟盆地东部在前期勘探中已发现有油页岩资源, 但尚未进行详细勘探。通过钻井及测井资料, 明确了研究区油页岩的测井曲线特征, 构建了测井重叠图与交会图识别油页岩的方法。通过矿石含油率、工业分析、铝甑分析、元素分析等岩心实验, 确定了研究区油页岩矿石品质, 结果表明: 研究区油页岩含油率为中等品质, 灰分较低, 含硫量低, 油收率高, 具有较高的工业开采价值。通过构建开发潜力指数, 对研究区重点油页岩层进行了开发潜力评价, 明确了研究区中部与西部为开发潜力较高的区域。

**关键词:** 油页岩; 测井识别; 含油率; 资源潜力; 大长沟盆地

**中图分类号:** P618.13

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1001-1749.2024.06.05

## 0 引言

油页岩作为油母质的一种, 是由藻类及部分低等生物的遗体在厌氧细菌的活动下, 经过腐泥化及煤化作用形成的一种灰分高的可燃有机岩。含油率大于 3.5% 的油页岩即可用于开发提取页岩油。《中国第十三个五年规划纲要》中未来五年中国计划实施的 100 个重大工程及项目中, 明确指出要推动致密油、油砂、深海石油勘探开发和油页岩综合利用。2006 年, 我国完成首次全国油页岩资源评价。结果显示我国油页岩资源为 7 199 亿吨, 页岩油查明资源为 476 亿吨, 居世界第二位<sup>[1]</sup>。我国油页岩资源十分丰富, 目前已在新疆、吉林、陕西、广东、辽宁、甘肃、山东等多地发现油页岩资源<sup>[2]</sup>。

随着油气资源的短缺, 油页岩成为一种重要的替代能源<sup>[3]</sup>。通过干馏、蒸馏、燃烧等方式, 油页岩

可以产生可观的工业价值<sup>[4]</sup>。新疆准噶尔盆地是我国重要的油气产区<sup>[5]</sup>, 其东缘巴里坤县大长沟盆地在前期勘探中已发现丰富的油页岩资源, 已探明两个油页岩富集区<sup>[6]</sup>。在前期地质调查中在大长沟盆地东部已发现油页岩层, 但未进行详细勘探与资源量估算。笔者通过该区 26 个钻孔取芯、测井资料以及岩心实验资料, 对大长沟盆地东部地区的油页岩资源进行了评价, 明确了其分布特征及重点油页岩层的资源潜力, 为油页岩后期开发提供了有力的支撑。

## 1 区域地质概况

### 1.1 构造特征

大长沟盆地是我国西北地区中生代较为重要的含煤及油页岩盆地, 属准噶尔—北天山褶皱系三塘湖山间拗陷盆地, 北与准噶尔拗陷相接, 南与北天山优地槽褶皱带相接, 向东为三塘湖盆地, 西与准噶尔

收稿日期: 2023-08-17

第一作者: 王玲(1982—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事水工环地质、地球物理测井的研究工作, E-mail: 83067680@qq.com。

通信作者: 杨振(1990—), 男, 博士, 主要从事地球物理测井的数据处理与解释工作, E-mail: 1026731774@qq.com。

巴尔喀什相连。盆地及周缘地带地貌多为戈壁荒漠;盆地东西长约 23 km,南北宽约 11 km,呈近东西走向、向西开口的簸箕状,盆地地形整体较平坦,为小型陆相拗陷盆地,构造特征简单,地层产状平

缓,倾角在 3°~5°之间。盆内油页岩矿为湖积相沉积型油页岩。研究区位于大长沟盆地东南部,区内褶皱构造、断层都不发育。南部露头处地层陡立,倾角 80°~87°。中部、北部地层近似水平(图 1)。

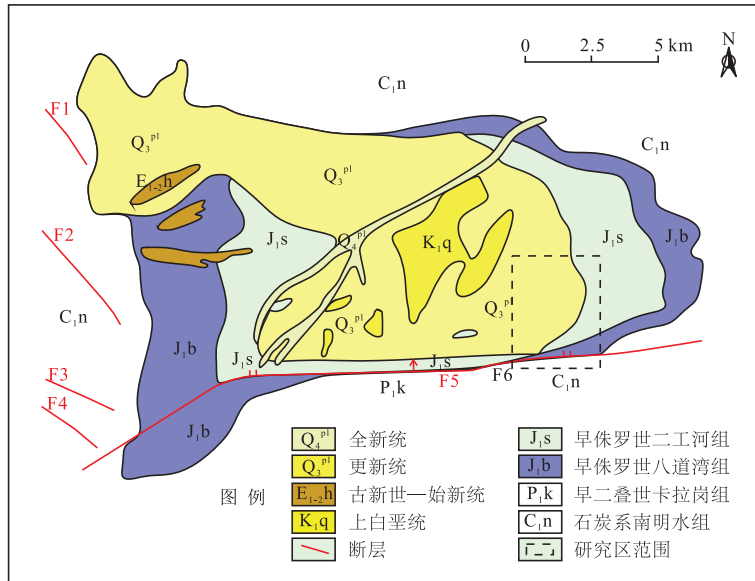


图 1 研究区构造位置图

Fig. 1 Tectonic location map of the study area

1.2 地层特征

研究区出露的地层有石炭系,侏罗系及第四系。侏罗系下统八道湾组(J<sub>1b</sub>)与下部石炭系地层呈不

整合接触,是勘查区内主要赋油页岩层位,在勘查区内南部边缘出露(图 2),呈北东—南西向展布,倾向北西,地层厚度 98.21 m~137.43 m,平均约 115.83 m。

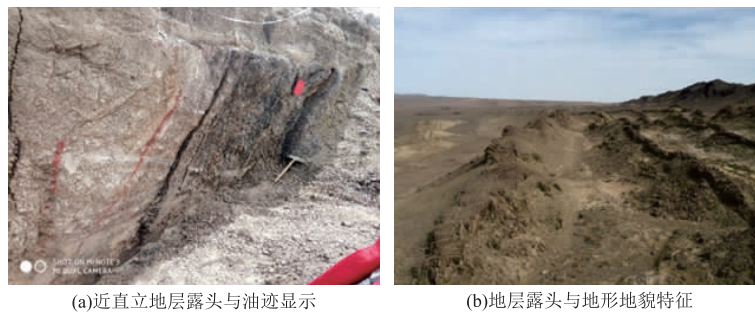


图 2 研究区南部地表露头处油页岩层

Fig. 2 Oil shale layers at surface outcrops in the southern study area

八道湾组(J<sub>1b</sub>)岩性主要为细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、油页岩、碳质泥岩、碳质页岩互层产出(图 3)。顶部为一套较厚的砂质泥岩,与上部三工河组(J<sub>1s</sub>)底部砾岩层整合接触;底部一般为一套粉砂岩,与下部石炭系南明水组(C<sub>1n</sub>)顶部的凝灰质粉砂岩呈不整合接触。油页岩主要赋存于八道湾组地层中间部位,同时又含有多层煤线,与油页岩呈伴生

关系。前人研究<sup>[7]</sup>认为大长沟油页岩的物源以原位湖相原生藻类体为主,搬运距离相对较远的陆源高等植物为辅,温暖湿润的气候环境为湖泊内藻类生长提供了有利条件,为厚层高含油率油页岩矿层的形成提供了丰富的物源条件。贫氧环境沉积环境为油页岩的沉积演化提供了良好的保存条件。

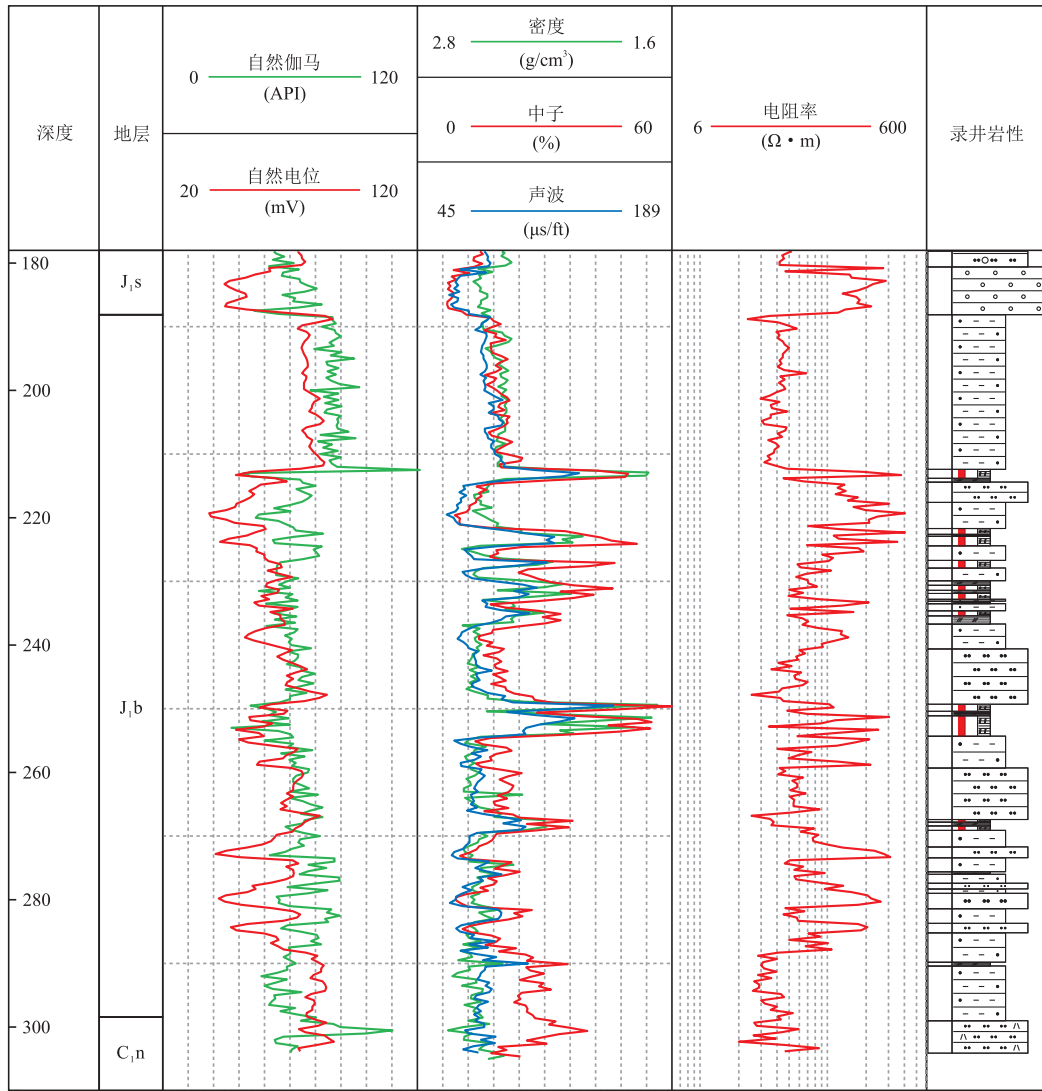


图3 大长沟盆地东部八道湾组地层特征

Fig. 3 Stratigraphic characterization of the Badaowan formation in the eastern part of the Dachanggou Basin

## 2 研究区油页岩储层特征与分布

研究区含油页岩地层为侏罗系下统八道湾组(J<sub>1</sub>b),根据26个钻孔施工资料,26个钻孔全部见矿,见矿率为100%。根据钻井与测井资料对油页岩层进行精细识别,进而明确了研究区油页岩层的分布特征。

### 2.1 油页岩特征与测井识别

#### 2.1.1 油页岩特征

研究区内油页岩层顶底板以含碳质泥岩,粉砂质泥岩为主,局部为细砂岩、粉砂岩。矿石为深灰色、深黑色、淡棕色,泥质结构,层状构造,具贝壳状断口。含油率达到6%左右为沥青光泽,矿石质量

较好者具松脂光泽或玻璃光泽。矿石中有含粉砂的石英,石英多呈次棱角状,微细层理发育,见有碳屑、有机质、孢粉呈长条状定向排列,黄铁矿呈细粒状沿微细层理面呈定向分布。遇火可燃,火苗呈黄色,具强烈柴油味。

根据油页岩矿石组分分析结果(表1),研究区油页岩矿石中主要成分为泥质与石英,有机质含量极为丰富,平均达到20%,矿物粒径较细,普遍小于0.0313mm,个别位于0.0313mm~0.125mm之间。矿石中泥质成分主要为水云母呈定向排列;粉砂成分为石英和方沸石等。

#### 2.1.2 油页岩测井识别

油页岩由于泥质、有机质含量高,在测井曲线上相对砂岩、泥岩具有不同特征,因此,通过测井数据

可对油页岩进行有效判识<sup>[8-11]</sup>。同时,由于测井曲线连续、精度高等特点,通过测井曲线识别油页岩,是对油页岩分布特征进行研究的重要基础。

表 1 研究区油页岩矿石各组分含量粒度表

Tab. 1 Particle size table of the content of each component of oil shale ores in the study area

名称	平均含量/%	粒度/mm
泥质	48%	0.01×0.02
石英	25%	0.03~0.05~0.1
碳质碎屑	2%	0.1×0.5
植物细胞	5%	0.01×0.1~0.2
有机质	20%	0.01×0.1~0.2

### 1) 油页岩测井曲线特征

一般来说,由于泥质与有机质往往具有较高的自然伽马、较低的密度、较高的含氢指数与声波时差,且有机质往往具有较高的电阻率,因此在测井曲线上具有高电阻率、高声波时差、高自然伽马、高中子、低密度的“四高一低”的特点<sup>[12]</sup>。根据录井岩性对研究区油页岩测井曲线特征进行分析,可见三孔隙度曲线在油页岩处表现为明显的声波时差增大、密度减小、中子增大的现象;电阻率曲线出现明显升高,但与部分砂岩值相似;自然伽马曲线特征不明显,部分表现为低值,推测与伴生煤线相关(图 4)。

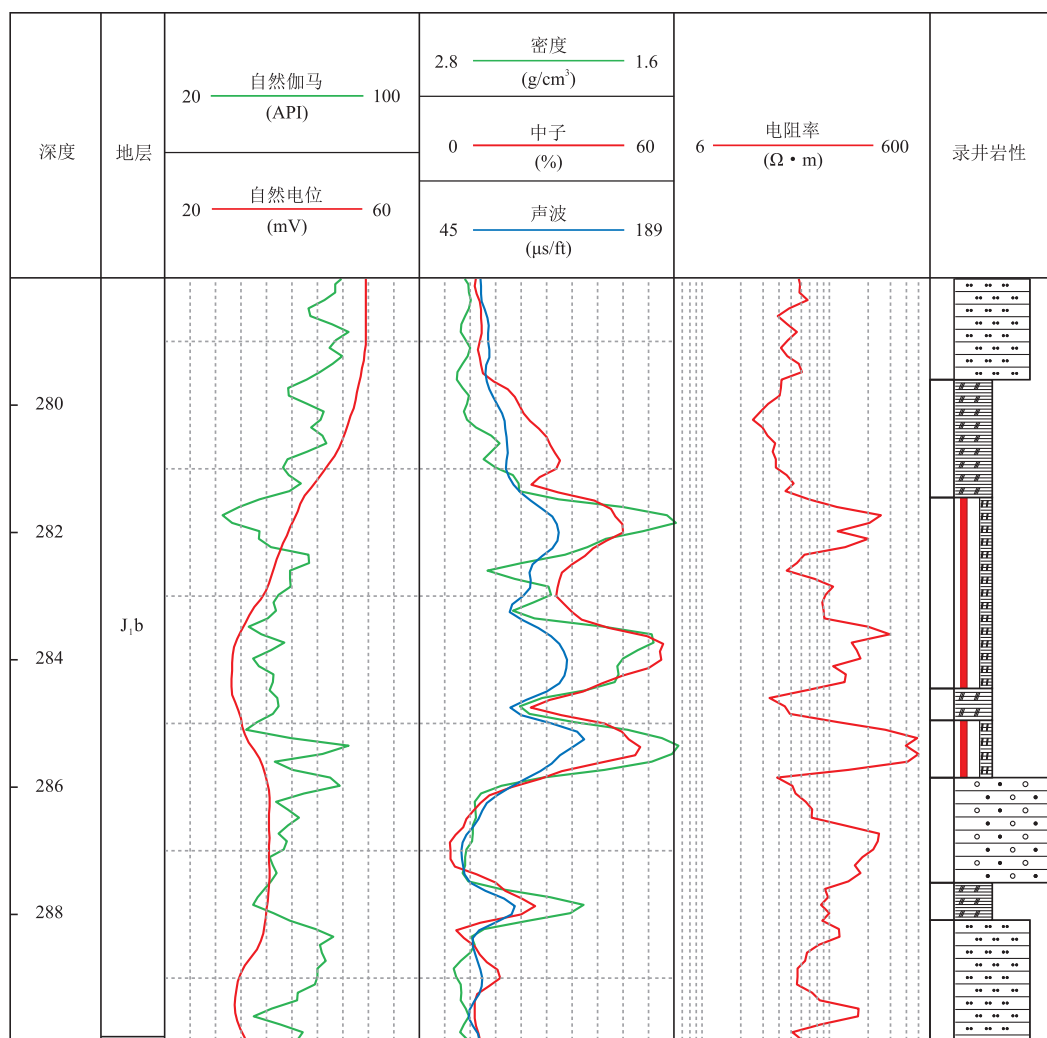


图 4 大长沟盆地东部八道湾组油页岩测井曲线特征

Fig. 4 Characteristics of oil shale logging curves of the Badaowan formation in the eastern part of the Dachanggou Basin

### 2) 测井曲线重叠图法识别油页岩

根据油页岩的测井特征,通过构建测井曲线重叠图,可以综合多条测井曲线特征,使油页岩

特征更为明显,识别准确率更高。构建声波—电阻率重叠图与密度—中子重叠图对油页岩进行识别(图 5)。

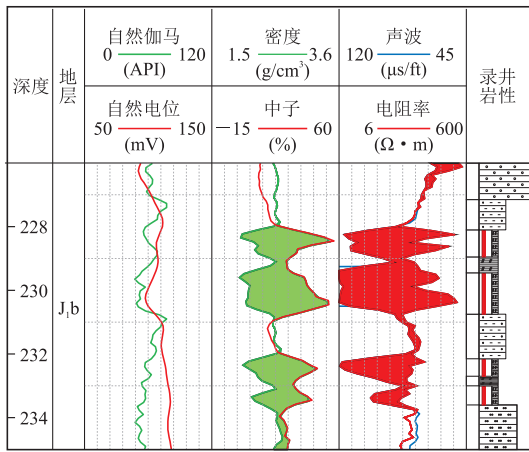


图 5 测井曲线重叠图识别油页岩效果图

Fig. 5 The effect picture of logging curves overlap to identify the oil shale

声波—电阻率交会图在以往研究中常常用来表征储层中的有机质含量<sup>[13]</sup>,在油页岩层往往表现为较大的重叠面积,能够有效识别油页岩层。密度、中子曲线是地层岩性的良好反映,由于油页岩具有明显低密度、高中子的特点,将密度、中子曲线重叠后,在油页岩处可见明显的幅度差。

### 3) 测井交会图识别油页岩

以 26 口钻孔取芯岩性数据为依据,选取对油页岩最为敏感的中子、密度、声波时差、电阻率测井曲线,分别构建能够反映岩性的密度—中子交会图(图 6)以及反映含油性的电阻率—声波交会图(图 7)。可以看出,通过交会图,可以有效识别油页岩。据此建立油页岩的测井识别标准为:中子测井值 $\geq 28.5\%$ ,密度 $\leq 2.35 \text{ g/cm}^3$ ,电阻率 $\geq 30 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ ,声波时差 $\geq 93 \text{ } \mu\text{s/ft}$ 。

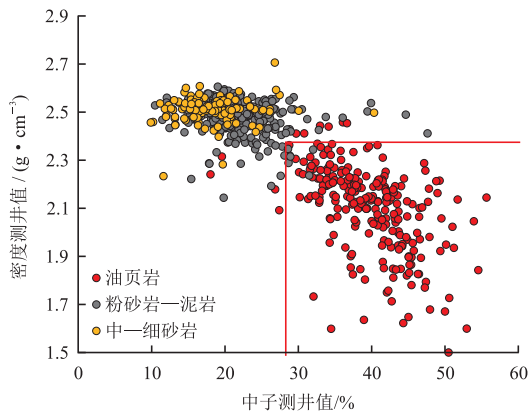


图 6 密度—中子交会图识别油页岩

Fig. 6 Density-neutron intersection diagram to identify oil shale

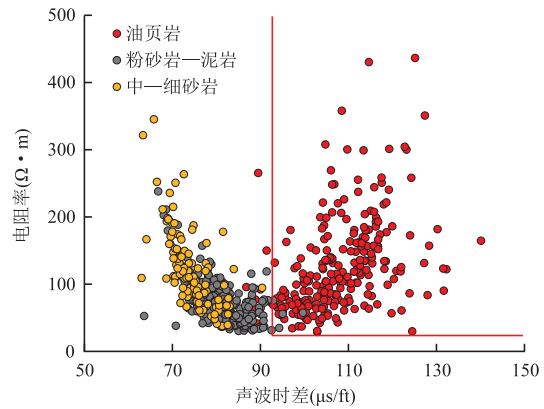


图 7 电阻率—声波时差交会图识别油页岩

Fig. 7 Resistivity-acoustic interval transit time intersection diagram to identify oil shale

## 2.2 研究区油页岩分布特征

根据测井曲线对研究区侏罗系八道湾组油页岩层进行识别,由上至下一共发育三组油页岩层,分别命名为 Y1 油页岩、Y2 油页岩、Y3 油页岩,三层油页岩平均间隔在 10 m 左右。其中 Y2 油页岩层又可划分为 Y2 上与 Y2 下两个小层,Y2 上油页岩层沉积不稳定,部分歼灭,部分同 Y2 下油页岩层合并。Y3 油页岩层的厚度相对稳定,平均焦油产率最高,是研究区的主要油页岩层。

Y1 油页岩,位于侏罗系八道湾组中上部,为最上部的一层油页岩,岩层沉积稳定,厚度从 1.1 m~3.1 m(含夹矸),厚度总体变化较小,结构简单,基本不含夹矸,油层对比可靠。Y2 油页岩,位于侏罗系八道湾组中上部,为本组地层的第二层可采油页岩,厚度从 1.24 m~13.15 m(含夹矸),变化较大,是勘探区内平均厚度最厚的一层,但是由于结构复杂,含夹矸较多,区域横向对比不好,但区域上总体沉积较为稳定,各钻孔均对 Y2 油页岩层均可追溯。Y3 油页岩,位于侏罗系八道湾组中上部,为本组地层的第四层也是最下部的一层可采油页岩,厚度从 2.32 m~6.4 m,厚度较厚,变化较小,结构较为简单,含 0~1 层夹矸,为本区平均厚度较厚,测井曲线反映最好的一层油页岩。

Y3 油页岩层可采厚度最大,变化系数最小,同时夹矸层数较低,厚度较小,可采面积最大,是研究区内最具勘探价值的油页岩层(表 2)。

表 2 大长沟盆地东部侏罗系八道湾组油页岩层厚度统计表

Tab. 2 Thickness statistics of oil shale layers of the Jurassic Badaowan formation in the eastern Dachanggou Basin

油页岩层编号	可采厚度/m		夹矸层数	夹矸厚度/m		可采面积/km <sup>2</sup>
	最小~最大 平均	变化系数/%	最小~最大 一般值	最小~最大 平均		
Y1	1.10~3.10 1.61	34.20	0	0	8.94	
Y2 <sub>上</sub>	1.00~4.38 2.53	32.29	0~1 1	0.48~1.80 1.06	7.87	
Y2 <sub>下</sub>	1.05~6.22 2.90	47.84	0~2 1	0.40~2.35 1.37	8.95	
Y3	2.32~6.40 4.45	25.43	0~1 1	0.40~1.8 0.97	8.97	

根据研究区南北向油层对比图(图 8)可以看出,在研究区南部沉积地层急剧抬升,导致地层倾角变大,对应地层厚度也变大;在研究区的北部,地层有缓慢抬升的趋势。根据研究区东西向油层对比图(图 9),自西向东有缓慢抬升的趋势。整体来看,三组油页岩层发育较为稳定,在靠近盆地中心处理藏深度大,在盆地边部埋藏深度较浅。

### 3 研究区油页岩工业品质及开发前景

除油页岩厚度外,还需要对油页岩的工业品质进行分析,从而对油页岩资源量进行评估。油页岩的工业品位包含其含油率、灰分、收油率以及其他工

业生产价值等。

#### 3.1 研究区油页岩工业品质

通过钻孔取样,分别对油页岩的含油率、矿石品质进行岩心试验,对油页岩工业品质进行评价。样品采用同一油页岩层多个工程基本分析样组合的方式采取,全部通过钻孔取芯方式获得。

##### 1) 含油率

油页岩的含油率是评价油页岩工业品质的重要指标<sup>[14]</sup>。通过对 26 口钻孔取芯中的油页岩进行含油率实验分析,研究区油页岩含油率在 5%~16.4%之间,平均 7.43%。其中 Y1 油页岩层平均含油率 8.54%,相对最高,其次为 Y3 油层组,平均含油率 8.12%。根据我国油页岩分类标准,含油率 5% $\leq\omega$  $\leq$ 10%为中品质油页岩<sup>[15]</sup>,开发潜力较大。

表 3 研究区八道湾组油页岩含油率统计表

Tab. 3 Statistical table of oil content of oil shale of Badaowan formation in the study area

油页岩层编号	最小值/%	最大值/%	平均值/%	变异系数
Y1	5.0	15.07	8.54	14.56
Y2 <sub>上</sub>	5.2	10.53	6.69	12.70
Y2 <sub>下</sub>	5.0	9.13	6.35	11.21
Y3	5.0	16.40	8.12	16.81

##### 2) 矿石品质

为了进一步对研究区的油页岩工业性能进行分析,在 4 层油页岩层内,分别采取四组样品(每组一组)做矿石质量特征及工业分析、铝甑分析、元素分析等,分析结果见表 4。根据实验分析结果,Y3 油页岩层焦油产率最高,平均达 8.51%,同时灰分较低,固定碳相对较高,半焦相对较低,为油页岩工业品位最高的岩层。其次为 Y1 油页岩层,焦油产率达 8.02%,且灰分含量最低,固定碳含量最高,水分与半焦相对较低。Y2 油页岩层工业品质相对较差。

整体来看,大长沟东部油页岩灰分平均为 58.53%,焦油产率 7.65%,属于低灰分油页岩。通过元素分析结果,该区油页岩硫含量平均为 0.7%,含硫量较低,在油页岩利用过程中产生的有害气体较少<sup>[16]</sup>。由铝甑分析结果,水分为 4.85%,半焦达 83.94%,水分与半焦相对较大,会影响该区油页岩的油收率<sup>[17-18]</sup>。为了进一步确定研究区油页岩油收率,对油页岩半焦产物进一步进行铝甑干馏分析(表 5)。分析结果表明,研究区油页岩进行干馏后的半焦产物含油率仅剩 0.35%,说明干馏的

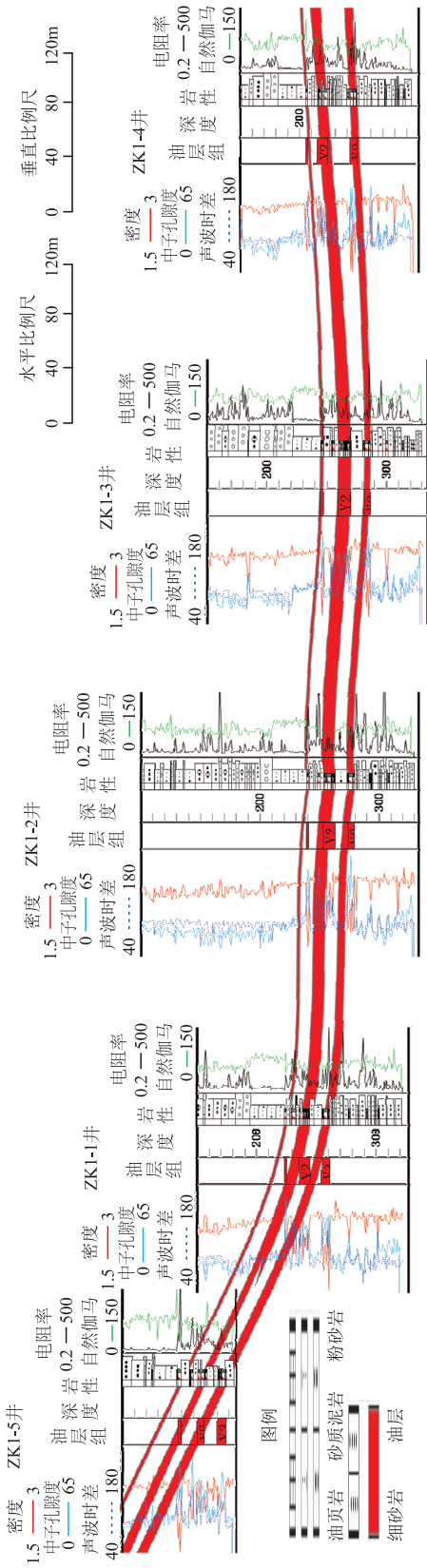


图 8 研究区南北向油页岩层对比图

Fig. 8 Comparison of south-north trending oil shale layers in the study area

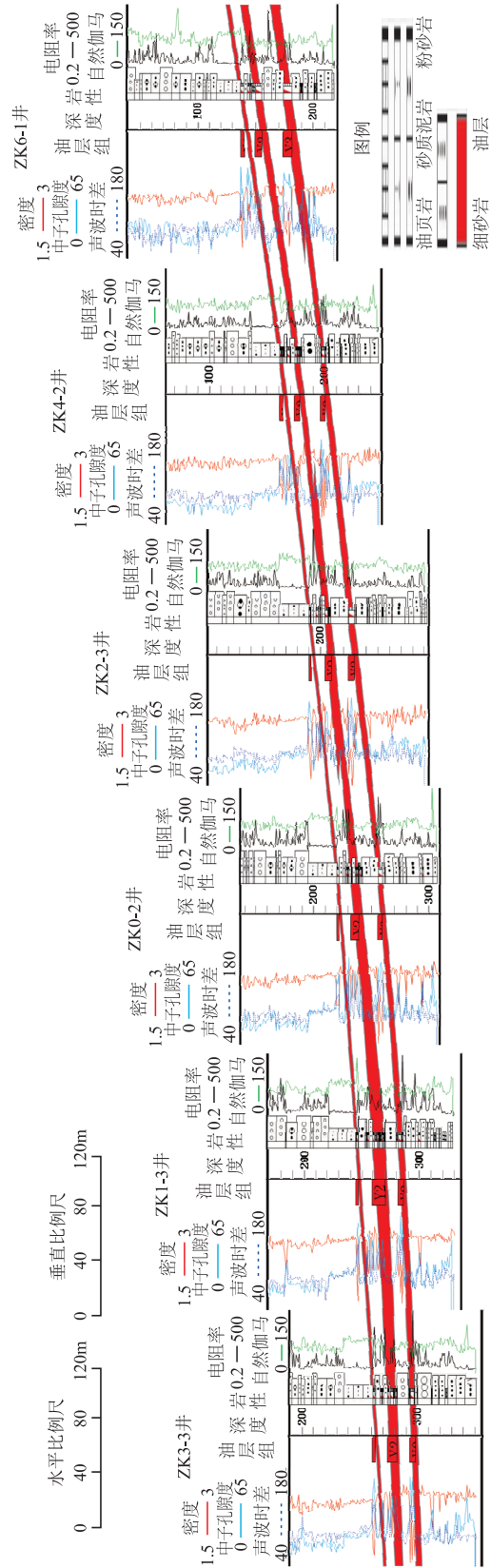


图 9 研究区东西向油页岩层对比图

Fig. 9 Comparison of east-west trending oil shale layers in the study area

油收率较好。

将油母页岩样品进行分析产生的页岩油经分析后,其结果如表 6。页岩油基本性质:20℃油页岩密

度约为 0.932 4 g/cm<sup>3</sup>,40℃油页岩粘度约为 13.99 mm<sup>2</sup>/s,80℃油页岩粘度约为 3.92 mm<sup>2</sup>/s,页岩油品质较好。

表 4 研究区八道湾组油页岩矿石品质分析结果表

Tab. 4 Oil shale ore quality analysis results of Badaowan formation in the study area

项目	数据					平均值
	Y1	Y2 <sub>上</sub>	Y2 <sub>下</sub>	Y3		
工业分析	水分/%	1.92	1.97	2.32	1.96	2.04
	灰分/%	51.51	63.51	58.85	60.23	58.53
	挥发分/%	27.46	21.73	27.65	25.08	25.48
	固定碳/%	19.11	12.79	11.18	12.73	13.95
铝甑分析	水分/%	4.38	4.61	4.6	5.82	4.85
	含油率/%	8.13	7.65	7.84	8.56	8.05
	半焦/%	84	84.86	84.51	82.38	83.94
	气体及损失/%	3.49	2.88	3.05	3.24	3.17
元素分析	C/%	27.8	19.97	17.95	16.92	20.66
	H/%	3.87	3.62	3.6	3.63	3.68
	N/%	0.474	0.375	0.41	0.451	0.43
	S/%	0.587	0.816	—	—	0.70
焦油产率/%	8.02	7.20	6.02	8.51	7.65	

表 5 研究区油页岩半焦分析结果表

Tab. 5 Analysis results of oil shale semi-coke in the study area

项目	Y1	Y2	平均值
含油率/%	0.40	0.30	0.35
水分/%	1.0	0.8	0.9
半焦含量/%	98.5	98.8	98.65
气体损失/%	0.1	0.1	0.1
全水分 Mt/%	0.7	0.6	0.7
发热量 Q <sub>b, ad</sub> /(J/g)	6 400	8 275	7 338
硫 St, d/%	0.6	0.7	0.65

表 6 产出页岩油品质分析结果表

Tab. 6 Table of shale oil quality analysis results

项目	数据
密度/(20℃,g/cm <sup>3</sup> )	0.9324
粘度/(40℃,mm <sup>2</sup> /s)	13.99
粘度/(80℃,mm <sup>2</sup> /s)	3.92
凝点/℃	22
闪点/℃(闭口)	81
残炭/%	2.17
碳含量/%	86.7
氢含量/%	10.9
硫含量/%	0.574
氮含量/%	0.753
初馏点/℃	83

### 3) 矿石的其他工业用途

除炼油与燃烧外,油页岩利用后剩余的灰渣同样可以用作工业用途。为此,对研究区的油页岩化学组分进行化学分析,实验结果见表 7。

油页岩中二氧化硅的含量一般大于 50%,研究区的油页岩中 SiO<sub>2</sub> 含量较高,达 64.69%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量达到 12.3%,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量达到 9.1%。干馏后的灰渣可作水泥原料、烧制陶粒、陶瓷纤维等轻质骨料和保温材料。

此外,通过光谱分析研究区油页岩矿矿石中各工业有益元素的平均含量,具体为:

表 7 研究区油页岩化学组分分析结果表

Tab. 7 Results of chemical composition analysis of oil shale in the study area

化学组分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
含量/%	64.69	12.3	9.106	3.94	3.05	1.96
化学组分	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	CaO	Cl	BaO	MnO
含量/%	1.6	1.47	1.27	0.134	0.13	0.107
化学组分	ZrO <sub>2</sub>	ZnO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO	CuO	NiO
含量/%	0.073	0.048 7	0.041	0.032 3	0.030 7	0.020 2

钴 22.11 μg/g、铬 59.52 μg/g、铜 51.67 μg/g、镓 31.00 μg/g、锗 0.33 μg/g、镍 39.70 μg/g、铅 57.61 μg/g、铈 172.36 μg/g、钒 134.30 μg/g、锌 114.78 μg/g。各元素含量较低,变化不大。含量也均未达到相应工业指标。

根据以上分析结果,本区油页岩属于中品质(5%<ω<10%)黑色湖相油页岩,油页岩干馏生产的页岩油品质较高。研究区内油页岩矿石加工工艺流程简单,油收性能好,工业利用性能好。其灰渣可用于制作水泥原料、烧制陶粒、陶瓷纤维等轻质骨料和保温材料,无可供综合利用的伴生组分,也无有害杂质需对其进行处理。

### 3.2 Y3 油页岩层开发潜力评价

Y3 油页岩层是研究区厚度较大,分布最为稳定的油页岩层,同时测井显示较好,工业品质较高,是研究区最具开发潜力的油页岩层,因此重点对 Y3 油页岩层的开发潜力进行评价。根据 Y3 油页岩层埋深平面分布图(图 10),Y3 油页岩层在研究区东西两边及北部均延伸出界外,在研究区范围内走向最长 3.17 km,倾向延伸最长 3.2 km。靠近盆地中部埋藏较深,产状近水平,倾角 1°~6°,倾向 323°~338°;盆地四周倾角逐渐变陡,这是由于在南部断层处地层倾角变大的缘故,地表露头地层趋于直立。Y3 油层西南部靠近南侧断层处的厚度最大(图 11),在研究区中部厚度最小,总体厚度在 3.83 m~8.13 m 之间,平均厚度为 5.39 m,属中厚油层;厚度变化较小,分布均匀,厚度变化系数 25%,属厚度稳定的油层。Y3 油层在西部埋藏较深处含油率较高(图 12),超过 8%,在东部 ZK6-1 点有一高点;在浅部,特别是南部露头处含油率较低,部分风氧化带达不到工业品位;总体含油率一般在 7%~9%之间,平均为 8.12%,含油率变化系数为 17%。

油页岩矿单一的参数评价尚不能完全准确表征其开发利用价值,在对研究区油页岩赋存规律及含

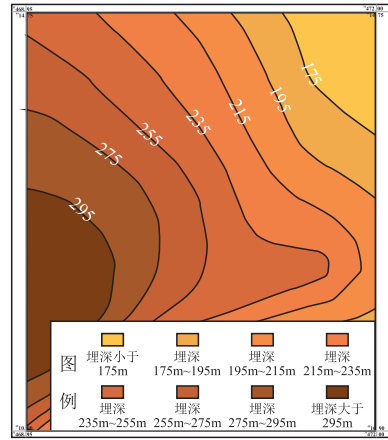


图 10 Y3 油页岩层埋深平面分布图

Fig. 10 Plane distribution map of Y3 oil shale layer buried depth

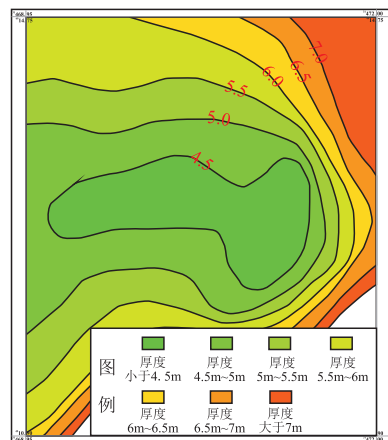


图 11 Y3 油页岩层厚度平面分布图

Fig. 11 Plane distribution map of Y3 oil shale layer thickness

油性综合研究的基础上,选用归一化油页岩厚度(H)、含油率(A)及埋深(h)三个指标作为评价其开发利用价值(开发潜力指数)的主要参数;由于油页岩的开发价值一般与厚度及含油率呈正相关关系,同埋深呈负相关关系,故定义开发潜力指数(F)的计算如公式(1)。

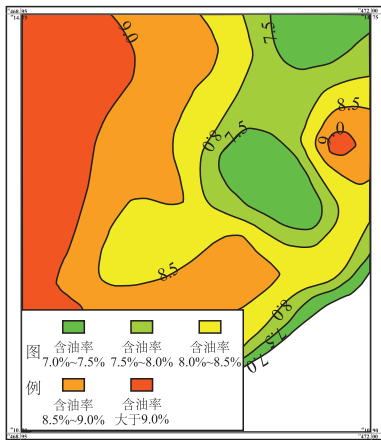


图 12 Y3 油页岩层含油率平面分布图

Fig. 12 Plane distribution map of Y3 oil shale layer oil content

$$F = \frac{A \cdot H}{h} \quad (1)$$

式中,  $F$ —开发潜力指数, 无量纲;

$A$ —油页岩归一化含油率, 无量纲;

$H$ —油页岩归一化厚度, 无量纲;

$h$ —油页岩归一化埋深, 无量纲;

根据公式(1)对 Y3 油层进行开发潜力指数计算, 并对其进行综合分区(图 13)。研究区 Y3 油层中部及西部的开发潜力指数最高, 均大于 0.9, 其具有较好的开发利用价值; 越靠近研究区所处大长沟盆地的边部, 即“簸箕”边缘位置 Y3 油层的开发潜力指数越低。

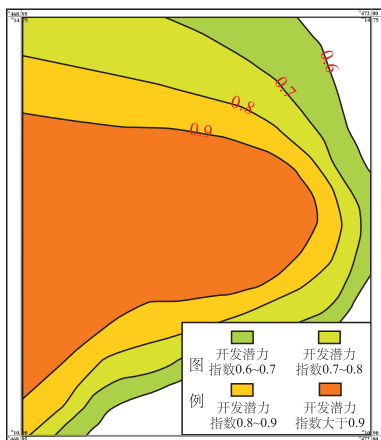


图 13 Y3 油页岩层开发潜力指数平面分布图

Fig. 13 Plane distribution map of Y3 oil shale layer development potential index

## 4 结论

1) 新疆大长沟盆地油页岩资源丰富, 其东部油页岩矿石主要蕴藏于下侏罗统八道湾组, 共有三组油页岩层。其中 Y3 油页岩层厚度最大, 同时含油率与工业品位较高, 是勘探区内开发潜力最大的油页岩层。

2) 密度、中子、声波时差及电阻率测井在油页岩层具有明显响应特征, 根据多条测井曲线联合, 通过重叠图、交会图的方式识别油页岩层, 可以提高识别准确率, 识别效果较好。

3) 研究区内油页岩含油率较高, 灰分较低, 达到中等品质油页岩; 含硫量较低, 生产中产生的有害气体较少; 但半焦与水分较高。进一步通过半焦分析表明研究区油页岩通过干馏方式的油收率较好, 利用率高。此外, 通过油页岩矿物组分分析, 油页岩利用后的灰渣可用来制作水泥、陶瓷等工业产品。

4) 构建开发潜力指数对研究区重点油页岩层位(Y3 油页岩层)进行评价, 研究区开发潜力较高的区域位于中部与西部, 越靠近盆地边缘开发潜力越低。

### 参考文献:

- [1] 刘招君, 孟庆涛, 柳蓉. 中国陆相油页岩特征及成因类型[J]. 古地理学报, 2009, 11(1): 105-114.  
LIU Z J, MENG Q T, LIU R. Characteristics and genetic types of continental oil shales in China[J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(1): 105-114. (In Chinese)
- [2] 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): 1012-1018.  
ZHU J W, LI D C, LI Y H, et al. Resource status and development targets selection of the oil shale in South China[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6): 1012-1018. (In Chinese)
- [3] 柳蓉, 刘招君. 国内外油页岩资源现状及综合开发潜力分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(6): 892-898.  
LIU R, LIU Z J. Oil shale resource situation and multi-purpose development potential in China and abroad[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(6): 892-898. (In Chinese)
- [4] 李成博, 宁传奇, 钟长林, 等. 中国油页岩矿勘查控制程度探讨[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2021, 51(1): 13-21.

- LI C B, NING C Q, ZHONG C L, et al. Discussion on extent of exploration control of oil shale deposits in China[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2021, 51(1): 13–21. (In Chinese)
- [5] 张鑫,夏建军,姚茂敏,等. 准噶尔盆地深层油气勘探地震采集关键技术及效果[J]. *物探化探计算技术*, 2024, 46(1): 35–44.
- ZHANG X, XIA J J, YAO M M, et al. Key techniques and effects of seismic acquisition for deep oil and gas exploration in Junggar Basin[J]. 2024, 46(1): 35–44.
- [6] 张美琪,刘招君,孙平昌,等. 新疆大长沟盆地侏罗统八道湾组油页岩测井识别[J]. *中国煤炭地质*, 2020, 32(6): 27–35.
- ZHANG M Q, LIU Z J, SUN P C, et al. Well logging identification of lower Jurassic badaowan formation oil shale in dachanggou basin, Xinjiang[J]. *Coal Geology of China*, 2020, 32(6): 27–35. (In Chinese)
- [7] 王君贤. 新疆大长沟盆地侏罗统八道湾组含油页岩系精细分析及古环境重建[D]. 长春: 吉林大学, 2021.
- WANG J X. Fine analysis of oil shale-bearing series in badaowan formation of lower Jurassic in dachanggou basin, Xinjiang and reconstruction of paleoenvironment [D]. Changchun: Jilin University, 2021. (In Chinese)
- [8] 丁敏. 鄂尔多斯盆地志丹地区三叠系延长组长 7 油页岩资源评价[D]. 西安: 西安石油大学, 2012.
- DING M. Evaluation of Triassic Yanchang Formation Chang 7 oil shale resources in Zhidan area of Ordos Basin[D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2012. (In Chinese)
- [9] 郑奎,杨晋玉,胡晓雪,等. 胡尖山—姬塬地区长 7 段油页岩定性定量评价及长 9 油藏勘探评价[J]. *长江大学学报(自然科学版)*, 2022, 19(5): 27–36.
- ZHENG K, YANG J Y, HU X X, et al. Qualitative and quantitative evaluation of Chang 7 oil shale and exploration evaluation of Chang 9 reservoir in hujianshan—Jiyuan area[J]. *Journal of Yangtze University (Natural Science Edition)*, 2022, 19(5): 27–36. (In Chinese)
- [10] 夏明,王海涛,韩建华,等. 新疆吉木萨尔南芦苇沟组油页岩物性特征分析[J]. *西部探矿工程*, 2021, 33(10): 172–174.
- XIA M, WANG H T, HAN J H, et al. Analysis of physical characteristics of oil shale in Nanlucaogou Formation of Jimsar, Xinjiang[J]. *West-China Exploration Engineering*, 2021, 33(10): 172–174. (In Chinese)
- [11] 裴文彬,张兵,林晓杨,等. 四川盆地五百梯地区长兴组生物礁发育特征及测井响应模式[J]. *物探化探计算技术*, 2023, 45(2): 210–220.
- PEI W B, ZHANG B, LIN X Y, et al. Development characteristics of biological reefs and logging response patterns of the Changxing formation in the Wubaiti area of Sichuan basin[J]. *Computing techniques for geophysical and geochemical exploration*, 2023, 45(2): 210–220. (In Chinese)
- [12] 刘升余,于正军,高秋菊,等. 渤南洼陷页岩油储层夹层组测井曲线重处理检测与油气特征[J]. *物探化探计算技术*, 2024, 46(01): 26–34.
- LIU S Y, YU Z J, GAO Q J, et al. Interbed detection and oil-gas characteristics in shale oil reservoir in bonan depression base on well logging curve reprocessing [J]. *Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration*, 2024, 46(01): 26–34. (In Chinese)
- [13] 阎媛子. 鄂尔多斯盆地湖盆中心长 7 致密油源—储识别与评价[D]. 西安: 西北大学, 2020.
- YAN Y Z. Source-Reservoir Identification and Evaluation of Chang 7 tight oil in Lake Basin Center of Ordos Basin[D]. Xi'an: Northwest University, 2020. (In Chinese)
- [14] 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 Q S, WANG L X, YU W B, 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. (In Chinese)
- [15] 游君君,叶松青,刘招君,等. 油页岩的综合开发与利用[J]. *世界地质*, 2004, 23(3): 261–265.
- YOU J J, YE S Q, LIU Z J, et al. Comprehensive development and utilization of oil shale[J]. *World Geology*, 2004, 23(3): 261–265. (In Chinese)
- [16] 薛华庆,王红岩,郑德温,等. 油页岩工业分析与元素分析各项指标间的相互关系[J]. *化工科技*, 2010, 18(1): 6–9.
- XUE H Q, WANG H Y, ZHENG D W, et al. The relationship between the proximate analysis and elementary analysis of oil shale[J]. *Science & Technology in Chemical Industry*, 2010, 18(1): 6–9. (In Chinese)
- [17] 周红霞,王志成,陆海玲,等. 油页岩综合开发利用现状[J]. *黑龙江科学*, 2013, 4(2): 62–64.
- ZHOU H X, WANG Z C, LU H L, et al. Comprehensive development and utilization of oil shale [J]. *Heilongjiang Science*, 2013, 4(2): 62–64. (In Chinese)

[18] 王忠鑫, 赵丹丹. 油页岩资源开发潜力评价研究与实践[J]. 露天采矿技术, 2016, 31(5): 83—87.  
WANG Z X, ZHAO D D. Research and practice on

the oil shale resources development potential evaluation [J]. *Open-cast Mining Technology*, 2016, 31(5): 83—87. (In Chinese)

### Geologic characteristics and resource evaluation of oil shale in the eastern Dachanggou Basin, Balikun country, Xinjiang, China

WANG Ling<sup>1</sup>, LIU Tongqing<sup>1</sup>, LIU Xiao<sup>1</sup>, YANG Zhen<sup>2</sup>, WEI Xin<sup>2</sup>

(1. The Fifth Exploration Team of Shandong Bureau of Coal Geology, Jinan 250100, China;

2. The Third Exploration Team of Shandong Bureau of Coal Geology, Taian 271000, China)

**Abstract:** With the tightening of oil and gas resources worldwide, oil shale has become an essential source of energy. China is rich in oil shale resources, which have been found in many domestic basins. The eastern part of Dachanggou Basin in Balikun country, Xinjiang, has been found to have oil shale resources in the preliminary exploration but has not been explored in detail. The logging curve characteristics of oil shale in the study area were clarified, and the method of identifying oil shale by logging overlap and intersection diagrams was constructed. The ore quality of oil shale in the study area was determined through the core experiments of ore oil content, industrial quality, aluminum retort analysis, and elemental analysis, and the results showed that the oil content of oil shale in the study area is of medium quality, with low ash content, low sulfur content, and high oil yield, which has a high industrial exploitation value. By constructing the development potential index, the development potential of the most valuable oil shale layers in the study area was evaluated, and the central and western parts of the study area were identified as areas with higher development potential.

**Keywords:** oil shale; well logging identification; oil content; resource potential; Dachanggou Basin