

文章编号:1004-4116(2022)02-0043-06

甘肃省窑街煤田深部勘查区油页岩初步评价

沈树龙,周志强

(甘肃煤炭地质勘查院,甘肃 兰州 730000)

摘 要:窑街煤田油页岩成矿条件良好,资源丰富,目前海石湾煤矿油页岩已进行了开发利用,窑街深部勘查区在煤炭勘探的同时开展了油页岩勘查工作,查明油页岩资源 3.9518×10^8 t。作者在收集分析窑街深部勘查地质资料的基础上,从分布特征、富集规律等方面总结了油页岩赋存特征,通过对区内油页岩测试结果进行分析,评价了油页岩品质,为油页岩的综合利用提出了方向。

关键词:窑街深部勘查区;油页岩;特征;评价;甘肃省

中图分类号:P618.11

文献标志码:A

窑街煤田经过 40 多年的地质勘探工作,已提交了多个地质勘查报告,获得煤炭地质储量超过 6.6×10^8 t。除煤炭资源之外,在中侏罗统窑街组地层中发育与煤层共生的油页岩。甘肃煤炭地质勘查院在开展窑街深部勘查区煤炭勘探的同时,对区内赋存的油页岩进行了初步的评价工作,并估算了深部勘查区内油一层、油四层资源量,为今后矿井设计和综合开发利用提供了较为可靠的地质资料。

1 地质背景

1.1 地质构造

窑街煤田位于民和盆地西北部,总体构造呈 NNW 向展布,其构造形态为一复式向斜构造(简称窑街复向斜)^[1]。窑街深部勘查区位于窑街煤田的北部(图 1),主体构造为一轴向近 SN 的复式向斜构造(即机修厂向斜),伴随发育有次一级褶曲和断裂。向斜平面上呈反“S”型,被 NW 向的 F38、F39 断层分割为 3 个块段。南部基本保留有向斜的大致形态,北部受 NNW DF12 及 SN 向 DF5 两组断裂的破坏,向斜构造形态不完整。

1.2 地层及岩浆岩

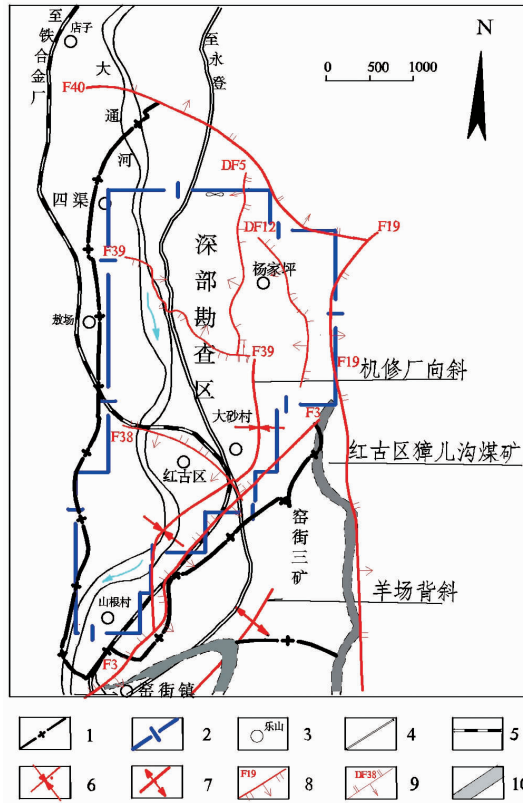


图 1 窑街矿区构造纲要图

Fig. 1 Structural outline of Yaojie mining area

1—井田边界;2—勘查区;3—地名;4—公路;5—铁路;6—向斜;
7—背斜;8—正断层;9—逆断层;10—煤层隐伏露头

收稿日期:2022-01-15

基金项目:甘肃省发改委中央预算内专项资金“甘肃省兰州市窑街矿区深部扩大区煤炭勘探”([2004]2751号)

作者简介:沈树龙(1966~),男,汉族,高级工程师,从事煤炭勘查、非金属勘查工作。Email:416243350@qq.com

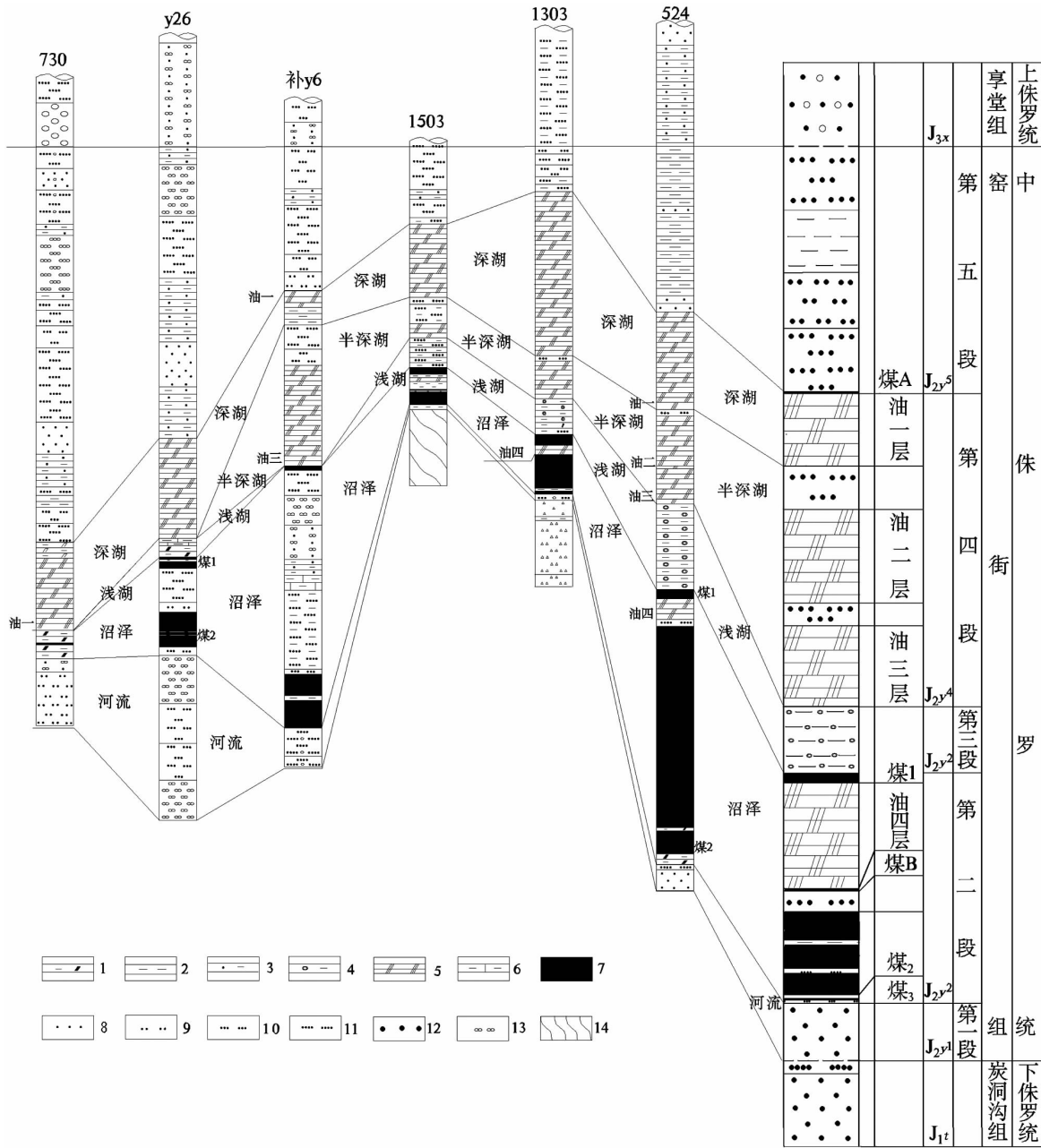


图 2 窑街组油页岩勘查区沉积断面图

Fig. 2 Sedimentary section of Yaojie Formation in oil shale exploration area

1—炭质泥岩;2—泥岩;3—砂质泥岩;4—铝质泥岩;5—油页岩;6—泥灰岩;7—煤层;8—粗砂岩;9—中砂岩;
10—细砂岩;11—粉砂岩;12—细砾岩;13—中砾岩;14—片岩

窑街煤田属中生代侏罗纪盆地，基底为前寒武纪变质岩系，侏罗系及其以上地层发育较齐全。自下而上主要发育侏罗系炭洞沟组(J_1t)、窑街组(J_2y)、享堂组(J_3x)，白垩系河口组(K_1hk)，古近系(E)，新近系(N)，第四系(Q)。

区域内岩浆侵入活动年代主要有加里东早期至华力西期，岩浆岩从中酸性、中性至超基性均有，岩体均形成于侏罗纪煤系沉积以前，未对煤层及油页岩造成影响。

岩造成影响。

1.3 沉积环境特征

窑街深部勘查区含煤岩系窑街组从下至上可明显划分为河沼型、湖沼型及湖泊型三种沉积类型，构成了窑街组第1至5段(J_2y^1 – J_2y^5)的单向不对称沉积旋回结构^[1]。沉积环境垂向演化规律性显著，旋回结构比较清晰(图2)。窑街组第1段(J_2y^1)是由河流

相沉积物构成,具有明显下粗上细的二元结构。由下部粗碎屑冲积相及洪泛沉积相向上突变为河沼相为主的沉积。窑街组第2段(J_2y^2)主体为沼泽相和泥炭沼泽相沉积,底部常为泛滥平原沉积,并以较粗的碎屑沉积开始,向上逐渐变细,至顶部为砂质泥岩、泥岩(油页岩)和煤层。以赋存有特厚的煤2层和煤1层,之间夹油四层为其特征。窑街组第3段(J_2y^3)至第5段(J_2y^5)在经过较长期泥炭沼泽环境后,很快发生水进而形成深湖环境,沉积有较厚层油页岩、铝质泥岩和泥灰岩,是一个以湖泊相沉积为主的环境。

在窑街组的单向沉积过程中,由于勘查区位于沉积盆地的边缘区,沉积环境已变得复杂化。至窑街组第2段沉积时,勘查区内存在有河流三角洲平原亚相的分流河道、泛滥平原沉积环境和沼泽—泥炭沼泽沉积环境。勘查区中部及东部大范围是湖泊三角洲相区的滨湖—深湖—沼泽—泥炭沼泽交替出现的沉积环境,以沉积泥质岩为主,勘查区西部及西南部是河流三角洲平原沉积环境,以沉积碎屑物质为主,由于沉积相变因素,该区缺失第3段铝质泥岩段,油页岩直接沉积于第2段之上。两种沉积环境相互交错地带控制了区内主采煤2层及油四层的分布范围。至窑街组第4段(J_2y^4)沉积开始,盆地覆水加深,全区成为深水湖泊相环境,超覆沉积了 J_2y^4 — J_2y^5 油页岩层及粗的碎屑岩层,沉积的油一层分布范围大于煤2层。沉积环境是控制区内煤层和油页岩赋存的主要素。

2 油页岩的勘查现状

窑街煤田查明的油页岩矿区有窑街、炭山岭和海石湾等。根据张翔^[2]等研究,窑街煤田内已探明的油页岩矿分为4个矿段:第1段为平硐区,油页岩储量 $1.088\ 64 \times 10^8$ t;第2段为Ⅰ竖井区,油页岩储量 $0.215\ 52 \times 10^8$ t;第3段为Ⅱ竖井区,油页岩储量 $0.059\ 44 \times 10^8$ t;第4段为露天区,油页岩储量 $0.440\ 49 \times 10^8$ t。炭山岭油页岩储量 $2.675\ 586 \times 10^8$ t。目前窑街油页岩已投入开发,但其他矿区勘探和开发程度总体较低。

窑街深部勘查区的油页岩勘查工作与煤炭资源勘探同步进行,按最低可采厚度0.8 m、含油率 $>5\%$ 指标,区内初步估算两层油页岩资源量约 $3.951\ 8 \times 10^8$ t^①,其中油一层 $3.736\ 5 \times 10^8$ t,油四层约 $0.215\ 3 \times 10^8$ t。

3 油页岩赋存特征

3.1 油页岩分布特征

窑街深部勘查区的油页岩赋存于中侏罗统窑街组地层中,发育4层油页岩,自上而下编号为油一层、油二层、油三层和油四层,油页岩总厚度为52.68 m。油一、油二、油三层均位于 J_2y^4 段,其中油一层位于 J_2y^4 段中上部,较为稳定,夹矸较少;油二层、油三层不稳定,夹矸较多。油四层位于 J_2y^2 段中部,较稳定,夹矸少且以泥岩为主。

油一层形成于半深—深湖环境中,勘查区内分布范围较广(图3)。区内最小厚度9.65 m(724孔),最大厚度76.93 m(638孔),平均厚度29.02 m,厚度较稳定,大部分可采。油二层形成于浅湖环境,零星分布,最小厚度为0.39 m(1904孔),最大厚度27.97 m(724孔),平均厚度为9.23 m,厚度不稳定。油三层形成于浅湖环境,零星分布,最小厚度0.59 m(1302孔),最大厚度28.28 m(615孔),平均厚度8.50 m。油四层形成于湖泊沼泽环境,局部分布(图4),最小厚度0.24 m(15孔),最大厚度16.37 m(713孔),平均厚度5.93 m。无夹矸,局部可采。

3.2 油页岩富集规律

油页岩富集主要受沉积环境的控制。内区油一层形成于半深湖—深湖环境中^[3],当时湖盆范围大,水体深,在长期持续稳定沉降的静水环境下,沉积形成了油一层,其沉积厚度较大、分布范围较广。油一层厚度在区内总体呈东厚西薄,南厚北薄的特点,在勘查区南部及东北部形成两个厚度大于20 m的油页岩富集区;油一层含油率大部分区域大于5%(图3)。油二层、油三层形成于浅湖环境中,水体升降幅度小,频率高,油页岩零星。油四层形成于湖沼环境中,该时期湖盆范围较小,水体较浅,油四层分布范围较小,但厚度较稳定。在区内东南部,厚度最厚达16.37 m;油四层含油率在勘查区东南大部分区域大于5%(图4)。

3.3 油页岩品质特征

勘查区油页岩颜色呈黑灰—黑褐色,条痕为灰褐色,具油脂光泽。具有明显的似页片状的层状构

① 甘肃省兰州市窑街矿区深部扩大区煤炭勘探报告,2004

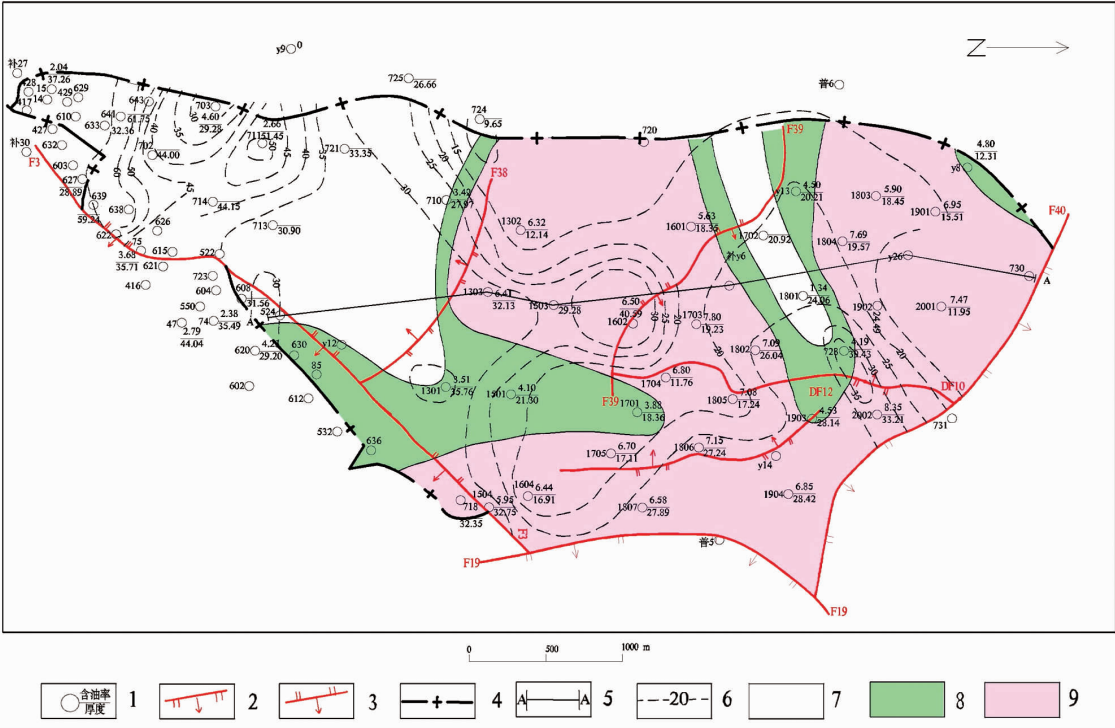


图 3 油一层厚度等值线及含油率分区图

Fig. 3 Thickness contour and oil content zoning map of the first oil layer

1—钻孔;2—正断层;3—逆断层;4—勘查区边界;5—沉积断面位置;6—油页岩厚度等值线;7—含油率小于3.5%区域;
8—含油率3.5%~5.0%区域;9—含油率>5%区域

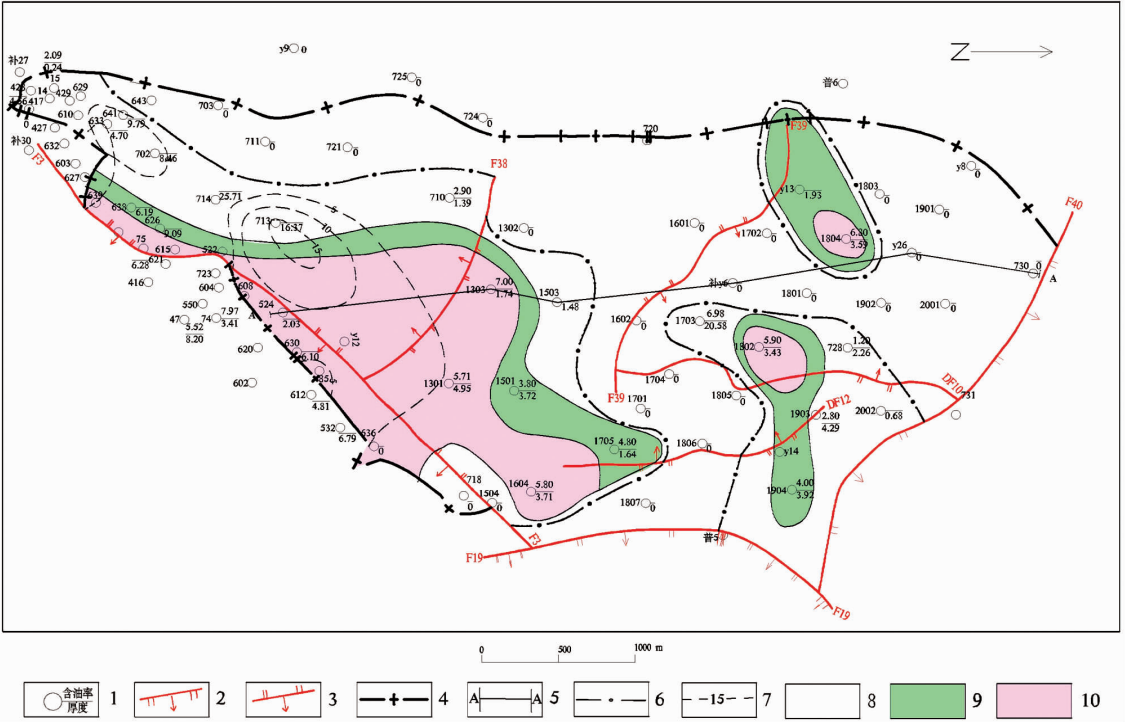


图 4 油四层厚度等值线及含油率分区图

Fig. 4 Thickness contour and oil content zoning map of the fourth oil layer

1—钻孔;2—正断层;3—逆断层;4—勘查区边界;5—沉积断面位置;6—油页岩零点边界;7—油页岩厚度等值线;
8—含油率小于3.5%区域;9—含油率3.5%~5.0%区域;10—含油率>5%区域

表 1 油页岩测试分析成果统计表
Table 1 Analysis results of oil shale

层位	灰分 Ad(%)	挥发分 Vdaf(%)	全 硫 St. d(%)	发热量(MJ/kg)		焦油产率 Tar. ad (%)
				高位 Qgr. d	低位 net. d	
油一	77.06 ~ 87.23	79.04 ~ 97.96	0.32 ~ 0.78	0.55 ~ 5.55	1.61 ~ 5.45	1.34 ~ 8.35
	82.69(44)	91.06(44)	0.54(30)	3.13(35)	2.87(25)	4.93(49)
油二	81.38 ~ 86.47	80.32 ~ 99.16	0.08 ~ 0.32	1.12 ~ 3.10	0.92 ~ 2.12	0.45 ~ 5.70
	84.67(8)	89.96(8)	0.20(8)	1.89(8)	1.37(6)	3.82(9)
油三	81.60 ~ 88.18	77.84 ~ 98.86	0.10 ~ 0.51	0.36 ~ 3.35	0.79 ~ 2.72	0.11 ~ 7.00
	84.35(9)	88.56(9)	0.25(9)	1.98(9)	1.70(6)	3.63(11)
油四	64.10 ~ 87.65	55.98 ~ 94.58	0.09 ~ 0.37	0.06 ~ 9.53	0.09 ~ 7.42	1.20 ~ 7.00
	75.30(15)	70.18(15)	0.22(9)	4.37(12)	3.61(8)	4.68(12)

注:表中数据 $\frac{\text{最小值} \sim \text{最大值}}{\text{加权平均值(样品数)}}$

造,发育水平纹理,油页岩可在炉中燃烧,具黑色浓烟,并有沥青臭味。区内 27 个钻孔各层油页岩测试结果统计见表 1。

3.3.1 含油率

国土资源部油气资源战略研究中心将油页岩含油率分为低品质($3.5\% < w \leq 5\%$)、中品质($5\% < w \leq 10\%$)、高品质($w \geq 10\%$)3 种类型^[4-5]。

油一层含油率最高为 8.35%(2002 孔),主要以含油率 > 5.0%的中品级油页岩为主,分布于区内中北部,范围较大,其周边分布有低品质油页岩(图 3)。油二层含油率最高为 5.70%(1 602 孔),油三层含油率最高为 7.00%(1 806 孔),仅在区内中部零星分布中品级油页岩。油四层含油率最高为 7.00%(1 303 孔),中品级油页岩主要分布于西南部,范围较大、且连片(图 4)。总体来看,区内 4 层油页岩中油一层品质相对较佳,其次为油四层,油二层和油三层品质均较差。

3.3.2 灰分

据分析结果,区内油一、油二、油三层灰分 77.06% ~ 88.18%,均属高灰分油页岩。油四层灰分 64.10% ~ 87.65%,大部分属高灰分油页岩,小部分达到低灰分油页岩。

3.3.3 发热量

油一层低位发热量 1.61 ~ 5.45 MJ/kg;油二层 0.92 ~ 2.12 MJ/kg;油三层 0.79 ~ 2.72 MJ/kg,油四层 0.09 ~ 7.42 MJ/kg。各油页岩的发热量值较低,但油一层、油四层的平均低位发热量值高于油三、油四层。

3.3.4 全硫含量

4 层油页岩全硫含量(St. d)值在 0.08% ~ 0.78% 之间,各层油页岩全硫均小于 1%,油一层达低硫油

页岩,其余均为特低硫油页岩。

3.3.5 油页岩的灰分成分

区内油页岩的灰分产率普遍较高,4 层油页岩的灰分成分以 SiO₂、Al₂O₃ 为主,属硅质灰分油页岩。

3.3.6 油页岩有机地化特征

区内油一层有机碳为 2.82% ~ 10.81%,油四层有机碳为 2.48% ~ 15.93%^①。根据张翔等^[2],勘查区内所在的民和盆地油一层有机碳平均值为 10.46%,氯仿沥青“A”平均值为 0.176%,有机质热演化程度低,有机质转化率低,A/C 为 1.7%,HC/C 为 1.2%。总烃含量低于油三层,平均值仅为 1.215×10^{-6} 。油三层 A/C 为 1.9%,HC/C 为 2.4%。油四层有机碳平均值为 14.44%,氯仿沥青“A”平均值为 0.491%,总烃平均值为 3.127×10^{-6} ,A/C 为 3.4%,HC/C 为 2.2%。

4 勘查区油页岩开发利用方向

窑街深部勘查区位于窑街三矿的深部,为窑街煤电集团提供接续煤炭资源保障,目前正在筹备开采开发事宜,油页岩尚未开发利用。根据窑街煤电集团海石湾煤矿油页岩开发利用情况及勘查区油页岩品质特征,区内油页岩的利用方向主要有以下 3 个方面:

- (1)利用油页岩提炼油。对油页岩进行循环综合利用,干馏页岩油和尾气发电^[6-7]。
- (2)利用煤矸石(低品位油页岩)和劣质煤发电,解决了煤矸石的再利用,实现固体废物零排放^[8]。

① 甘肃省民和盆地页岩气资源调查项目成果报告,甘地基发[2020]2 号

(3)用作于水泥配料。据《矿产地质勘查规范 石灰岩 水泥配料类》(DZ/T 0213-2020)水泥配料类矿石化学成分的要求,油四层可以达到二类品级矿石,可作为水泥配料。

窑街深部勘查区内的油一层、油四层含油率普遍大于 5%的,分布较广、厚度大,资源量大,可用于提炼页岩油或燃烧发电;含油率较低的可用作水泥配料。

5 结 论

1)窑街煤田深部勘查区油页岩资源丰富,在煤炭勘探的同时进行了油页岩勘查工作,目前查明油页岩资源 3.9518×10^8 t。

2)窑街煤田深部勘查区中侏罗统窑街组垂向从下至上可明显划分为河沼型、湖沼型及湖泊型 3 种沉积类型,构成了一个由窑街组 $J_2y^1 \sim J_2y^5$ 段组成的单向不对称旋回结构。在窑街组第 2 段及第 4 段形成了 4 层油页岩。

3)窑街组发育的 4 层油页岩中,油一层在勘查

区内普遍赋存,分布较稳定,厚度大,含油率大部分地区大于 5.0%;油四层局部分布,厚度较稳定,含油率在勘查区东南大部分区域大于 5%。

4)勘查区油页岩主要以中品级为主,属高灰分、低位发热量、低硫硅质灰分油页岩,除用于提炼焦油、燃烧发电用途外,还可作为水泥配料用途。

参 考 文 献

- [1] 王红霞. 窑街煤田外围赋煤特征及找煤方向 [J]. 西北地质, 2015,48(1):93-94
- [2] 郭巍,刘招君,宋玉勤,等. 青海—甘肃民和盆地油页岩的成因类型及特征[J]. 地质通报,2009(6):782-783
- [3] 国土资源部油气资源战略研究中心, 全国油页岩资源评价 [M]. 北京:中国地质大学出版社,2010
- [5] 刘招君,柳蓉,孙平昌,等. 中国典型盆地油页岩特征及赋存规律[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2020,50(02):313-325
- [6] 段永宏,李世龙. 窑街油页岩综合利用现状及干馏技术研究 [J]. 学术纵横,2015(3):115-116
- [7] 赵康安,孙平昌,于丰宁,等. 民和盆地油页岩加热过程储集物性研究[J]. 新疆石油地质,2020,41(02):158-163
- [8] 庞树明. 窑街煤矸石综合利用热电厂的成功运行 [J]. 煤炭加工综合利用,2010(6):50-51

OIL SHALE EXPLORATION IN YAOJIE DEEP EXPLORATION AREA OF LANZHOU, GANSU PROVINCE

SHEN Shu-long, ZHOU Zhi-qiang

(Gansu Institute of Coal Geology and Exploration, Lanzhou 730000, China)

Abstract: There is good metallogenic conditions and rich resources on oil shale in Yaojie coal field. At present, the oil shale has being developed and utilized in Haishiwan coal mine. The oil shale has carried out exploration at the same time of coal exploration in Yaojie deep exploration area, and 39. 518 million tons of oil shale resources have been identified. Based on the geological data, the occurrence characteristics of oil shale from the aspects of distribution characteristics and enrichment rules were summarized on paper. Through the analysis of the test results of oil shale, the quality of oil shale is evaluated, and the direction for the comprehensive utilization of oil shale is put forward.

Key words: Yaojie deep exploration area; oil shale; occurrence characteristics; Gansu Province