

油页岩沉积环境及成矿概况

李学永^{1,2}, 陶 树¹, 胡国利³

- (1. 中国地质大学(北京)海相储层演化与油气富集机理教育部重点实验室, 能源学院, 北京 100083;
2. 冀东油田勘探部, 河北 唐山 063004; 3. 冀东油田钻采工艺研究院, 河北 唐山 063004)

摘要: 系统介绍了国内外油页岩矿的沉积环境及油页岩资源分布情况, 并介绍了国外诸多国家的油页岩开发利用现状, 为中国油页岩的开发利用提供参考。

关键词: 油页岩; 沉积环境; 国内外

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2010)01-0016-05

油页岩作为一种重要的石油补充和替代能源, 受到越来越多的重视。在 2002 年 11 月爱沙尼亚首都塔林召开的《全球油页岩的利用与展望》第二届油页岩国际专题讨论会议上, 来自 13 个国家的 230 位专家讨论认为, 自 1980 年油页岩的产量开始减少以后, 油页岩的开发利用前景在目前看来形势一片大好。在中国的辽宁抚顺、广东茂名、吉林桦甸、山东龙口以及黑龙江依兰和双鸭山等地已经或即将进行页岩油的炼制开发^[1]。

获取油产品并对其精加工是油页岩工业利用的主要方式, 而干馏工艺是油页岩加工利用的主要途径^[2-3]。油页岩开采后, 经过破碎干馏, 得到油气组分, 经分离后, 一部分成为页岩油, 进一步加工可得到汽油、柴油等石油产品; 一部分为燃料气, 作为干馏热源补充或民用。笔者系统介绍了国内外油页岩矿的沉积环境及油页岩资源分布情况, 并介绍了国内外诸多国家的油页岩开发利用现状。

1 国内外油页岩沉积环境

1.1 中国油页岩矿沉积环境

中国油页岩沉积环境为陆相湖泊、海相以及海陆交互相, 但以陆相为主, 见表 1。油页岩由低等植物和高等植物及动物碎片组成。在还原条件下经过成岩作用和煤化作用过程, 转变为固体的可燃有

机岩。其造岩矿物主要为粘土类硅铝酸盐矿物、二氧化硅、氧化铝、氧化铁, 氧化钙含量较少。油页岩分布于大小沉积盆地 90 多处, 主要盆地有松辽盆地、渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地、阴山-大青山区、茂名盆地、下辽河-抚顺盆地、尚志-依兰-罗北盆地等, 约有 34 个主要含矿区。

中国陆相油页岩的形成主要受构造、沉积环境、气候等因素控制。也有学者提出中国松辽盆地油页岩的形成与海侵事件有关。对于陆相断陷盆地, 气候和构造运动对内陆盆地油页岩的形成、赋存和分布起着重要控制作用, 很大程度上决定了矿产形成和分布规律。赋存油页岩的沉积盆地中生代以坳陷湖盆为主, 新生代以断陷湖盆为主。从中国油页岩时空分布来看, 油页岩富矿主要富集于新生代断陷湖盆中。

1.2 国外油页岩矿沉积环境

国外油页岩从海相到陆相沉积环境中都有产出, 但国外以海相为主。油页岩形成的时代也很广泛, 从寒武纪、奥陶纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪到古近纪都有分布, 见表 1。归纳起来, 油页岩沉积的主要地质环境为:

(1) 大型湖盆, 特别是在造山运动期间, 由于构造原因而形成的大型湖盆。从矿物学来看, 这类油页岩乃是泥灰岩或者是泥质石灰岩。伴生的沉积

收稿日期: 2009-10-20

作者简介: 李学永(1971-), 男, 河南唐河人, 高级地质工程师, 在读博士, 主要从事油气地质勘探工作。

物可能包括火山凝灰岩和盐类矿物。在这种环境中沉积的主要油页岩有美国科罗拉多、犹他和怀俄明三州的古近纪绿河页岩(厚达 600m)、扎伊尔斯坦利维尔盆地的三叠纪地层,以及加拿大新布伦瑞维克的密西西比系阿尔伯达页岩。

(2) 浅海环境,特别在大面积稳定台地,薄层油页岩(几米到几十米厚)有时其范围可超出几十万平方公里而稳定分布。矿物相大都为氧化硅和粘

土矿物,但也可能有碳酸盐。如西伯利亚北部和北欧的寒武系,北非的志留系,巴西南部、乌拉圭和阿根廷的二叠系,西欧的侏罗系(托尔统和启莫里统)等。

(3) 小型湖盆、沼泽和伴随有沼泽的泻湖环境,形成与煤伴生的油页岩沉积。这一情况出现在西欧(法国圣希莱尔)二叠纪和中国抚顺古近纪地层中,油页岩都沉积在煤层之上。

表 1 国内外主要油页岩分布时代及其特征

时代		油页岩分布		形成环境及特征
国外	新生代	晚古近纪	美国加利福尼亚南部、意大利西西里岛、俄罗斯高加索	海相,与硅藻土和稠油共生
		早古近纪	美国(绿河、皮申斯盆地) 巴西南部、捷克、俄罗斯南部、澳大利亚昆士兰中部	湖相 陆相,与煤共生
	中生代	白垩纪	以色列、约旦、叙利亚和阿拉伯半岛南部、澳大利亚昆士兰西部	海相地台型、浅海沉积型
		侏罗纪	美国阿拉斯加州、法国北部巴黎盆地、东欧、南欧、亚洲东部	海相,陆相湖泊沉积,与煤共生
		三叠纪	扎伊尔的斯坦利维亚盆地、东欧、南欧、美国阿拉斯加州	海相
	古生代	二叠纪	澳大利亚(昆士兰东部)	浅海
			澳大利亚(南威尔士的悉尼盆地、昆士兰东部)	陆相,与煤共生
			美国(蒙大拿州)	湖相
			巴西巴拉那盆地、南非卡罗盆地	海相
		法国(奥顿、圣希拉尔、特洛特、苏尔莫林)	陆相,与煤共生	
		石炭纪	美国:犹他、堪萨斯等	海相
		泥盆纪	美国(中部和东部各州) 俄罗斯(伏尔加-乌拉尔地区)	湖相沉积 海相
	奥陶纪	波罗的海盆地(爱沙尼亚中奥陶世) 美国(阿巴拉契亚盆地) 加拿大	海相 海相 海相	
	寒武纪	俄罗斯(西伯利亚地台东北部安纳巴尔河和勒拿河的奥列尼尧克盆地)	富含于海相钙质、泥质、硅质沉积物中	
元古宙	前寒武纪	美国(密执安、威斯康星州)	海相	
国内	新生代	新近纪	广东茂名	湖
		古近纪	吉林桦甸	内陆湖
			辽宁抚顺 山东黄县	内陆湖沼 内陆河湖
	中生代	晚白垩世	吉林农安	内陆湖(海侵)
		早白垩世	吉林汪清	内陆河湖
		中侏罗世	甘肃炭山岭	内陆湖
			青海小峡	内陆湖
	晚三叠世	陕西彬县	内陆湖	
	晚古生代	早二叠世	新疆妖魔山	近海湖盆
			新疆阜康	近海湖盆

2 典型油页岩矿概况

2.1 中国典型油页岩矿概况

中国是一个油页岩资源丰富的国家,资源量仅次于美国、巴西和爱沙尼亚,居世界第4位。中国油页岩主要分布于20个省份(区),主要集中在东北和中南地区,查明资源量 $329.89 \times 10^8 \text{t}$,远景资源量达万亿吨。其中,油页岩查明资源量吉林省 $174.27 \times 10^8 \text{t}$ 、广东省 $55.15 \times 10^8 \text{t}$ 、辽宁省 $45.05 \times 10^8 \text{t}$,分别占全国油页岩查明资源量的52.83%、16.72%和13.65%^[4-6]。

油页岩在中国广泛分布,各个时代地层均有所发现,见表2。中国古近系是油页岩最主要的分布层位,平面上分布于东部和中部地区,东部自北而南为东北地区、华北地区、鲁西地区、鲁东地区、苏浙皖地区和两广地区,中部从晋东南地区、洛阳地区、南阳地区、江汉地区、赣湘粤地区到雷琼地区。白垩系油页岩主要分布于天山、祁连山、秦岭到淮河以北的广大地区,侏罗系油页岩主要分布于西北地区 and 东北地区,三叠系油页岩主要分布于鄂尔多斯盆地和滇西断陷带,古生代油页岩分布于山西地区。

表2 中国主要油页岩矿床地质特征表

时代	代表性矿床	盆地类型	沉积环境	含油率/%	
新生代	新近纪	广东茂名	湖	6.00~13.66	
	古近纪	吉林桦甸	内陆湖	8.00~12.00	
		辽宁抚顺	坳陷	内陆湖	6.00~10.00
		山东龙口	断陷	内陆河湖	9.00~22.00
中生代	晚白垩世	吉林农安	内陆湖(海侵)	3.50~7.00	
	早白垩世	吉林汪清	内陆河湖	3.50~7.44	
	中侏罗世	甘肃炭山岭	坳陷	内陆湖	5.00~17.00
		青海小峡	坳陷	内陆湖	5.22~10.52
	晚三叠世	陕西彬县	坳陷	内陆湖	4.15~8.47
晚古生代	早二叠世	新疆妖魔山	前陆盆地	近海相	4.65~18.91
		新疆大黄山	前陆盆地	湖相	8.30(均)
		阜康东区	前陆盆地	湖相	7.98(均)
		阜康市西区	前陆盆地	湖相	7.43(均)

2.2 国外典型油页岩矿概况

油页岩资源在世界许多地区都有分布,但并不均匀,主要分布于美国、俄罗斯、加拿大、中国、扎伊尔、巴西、爱沙尼亚、澳大利亚等国家。根据全球油页岩资源现状,若将它折算成页岩油,可以达到4000多亿吨,相当于世界天然原油探明可采储量的514倍。但从世界石油资源的评价现状来看,很多国家的油页岩资源并未做过详细的普查,探明的油页岩资源量还只占整个资源量的一小部分。

美国具有世界上最丰富的油页岩资源,资源量达 $3000 \times 10^8 \text{t}$,约占世界油页岩储量的70%,换算成页岩油,超过中东石油的储量,但美国始终没有页岩油的工业化生产。俄罗斯具有丰富的油页岩资源,储量达 $390 \times 10^8 \text{t}$,曾经有2座页岩油厂,但由于俄罗斯具有极其丰富的天然油气资源,其页岩油的产量与之相比,可谓微不足道,近年来页岩油的生产已停顿。巴西的油页岩资源量约 $120 \times 10^8 \text{t}$,巴西石油公司于20世纪60年代开始研究开发油页岩炼

油,30多年来,已露天开采油页岩矿区约 $6.8 \times 10^6 \text{m}^2$,成果显著。约旦王国也具有丰富的油页岩资源,探明储量为 $52 \times 10^8 \text{t}$,可露天开采。约旦先后送页岩试样至德国鲁奇鲁尔盖斯工艺的干馏试验,至中国进行抚顺式干馏炉干馏试验,至爱沙尼亚进行Galoter炉试验,效果都比较好。爱沙尼亚油页岩储量约 $24.9 \times 10^8 \text{t}$,每年开采约 $1400 \times 10^4 \text{t}$ 油页岩,成为世界上开发炼制油页岩最多的国家。

油页岩作为一种重要的替代能源以其巨大的储量、丰富的综合利用层次,引起了全世界的关注。目前,世界上69%的油页岩用来发热、发电,25%的油页岩用来提炼页岩油,6%的油页岩用来做建筑材料和其他方面的用途。油页岩工业主要分布在爱沙尼亚、巴西、德国、俄罗斯和以色列等国。爱沙尼亚是世界油页岩开发利用程度最高的国家,开采的油页岩主要用于发电,且拥有世界上装机容量最大的油页岩发电厂。巴西、德国、俄罗斯和以色列等国除用于发电外,还用来提炼页岩油及开展一些其

他综合利用。油页岩的开采、加工成本和环境污染是阻碍油页岩开发的两大因素。随着开发利用技术的进步和环保意识的增强,全球趋向于充分利用

油页岩资源。因此,油页岩的利用已经更趋复合、多元化。

表3 世界典型油页岩矿中的页岩油资源

矿产国家或地区及代表矿区	产出层位	页岩油/10 ⁶ t	评价时间	信息来源	
美国	总资源量	T、D、P、M	301,566	1980~1999	USGS
	绿河	T	213,000	1999	USGS
	东部	D	27,000	1980	Matthews & others
加拿大	总资源量	K、P、M、O、D	2,192	1984~1990	USGS
	Ontario	O	1,717	1986	Macauley
巴西	总资源量	P、T	11,734	1969,1994	
	Iratí	P	11,448	1994	Afonso & others
	Paratiba	T	286	1969	Padula
爱沙尼亚	总资源量	O	2,494	1998	Kattai & Lökk
	Estonia	O	594	1998	Kattai & Lökk
	Distyonema	O	1,900	1998	
澳大利亚	总资源量	T、P、K	4,531	1987~1999	
	Condor	T	1,388	1999	Wright
	Duaringa	T	587	1999	Wright
	Yaamba	T	587	1999	Wright
中国	总资源量	T、P	2,290	1985	Du & Nuttall
	茂名	T	325	1988	郭全(音译)
	抚顺	T	18	1990	Johson
俄罗斯	总资源量	O、J、€	35,470		
	圣彼得堡	O	3,600		
	Volga		4,500		
	Olenyok	€	24,000		
意大利	总资源量		10,446	1978~1979	
摩洛哥	总资源量	K	8,167	1984	Bouchta
刚果	总资源量		14,310	1958	
其他			15,800		
总计			409,000		USGS

注:€—寒武纪;O—奥陶纪;S—志留纪;D—泥盆纪;M—早石炭纪;C—石炭纪;P—二叠纪;T—三叠纪;J—侏罗纪。

油页岩成因及成矿规律方面,国外进行了一定探索,除美国绿河油页岩矿研究得比较全面,总的来说还是比较薄弱。对于美国绿河油页岩,国外学者先后提出了干盐湖复合模式和生物化学分层湖模式。干盐湖复合模式从湖岸线位置变化、湖水盐度和碱度增高的证据以及页岩中沉积构造组合特征对油页岩形成进行了分析;生物化学分层湖模式侧重从生物对油页岩形成的影响进行了分析。

3 结 论

中国油页岩沉积环境为陆相湖泊、海相以及海陆交互相,但以陆相为主。中国古近系是油页岩最

主要的分布层位,平面上分布于东部和中部地区。国外油页岩从海相到陆相沉积环境中都有产出,但国外以海相为主,油页岩形成的时代也很广泛,从寒武纪到古近纪都有分布。油页岩资源在世界许多地区都有分布,但分布并不均匀,主要分布于美国、俄罗斯、加拿大、中国、扎伊尔、巴西、爱沙尼亚、澳大利亚等国家。目前,许多国家已经进行了油页岩的开采利用。

参考文献:

- [1] Qian J, Wang J and Li S. Oil Shale Development In China[J]. Oil Shale, 2003,20(3):356-359.

- [2] 胡文瑞,翟光明,雷群,等. 非常规油气勘探开发新领域与新技术[M]. 北京:石油工业出版社, 2008. -876.
- [3] 陶树,汤达祯,王东营,等. 低成熟油页岩的生排烃作用实验模拟[J]. 地学前缘,2009,16(3):356-363.
- [4] 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
- [5] 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.
- [6] 车长波,杨虎林,刘招君,等. 中国油页岩资源勘探开发前景[J]. 中国矿业,2008,17(9):1-4.

The sedimentary environment and metallogenic situation of typical oil shale

LI Xue-yong^{1,2}, TAO Shu¹, HU Guo-li³

(1. Key Laboratory of Marine Reservoir Evolution and Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. Exploration Division of Jidong Oilfield Company, Tangshan 063004, China;

3. Drilling & Production Technology Research Institute of Jidong Oilfield Company, Tangshan 063004, China)

Abstract: This paper gives a systematic introduction about the sedimentary of oil shale mine and the distribution of oil shale resource, and the situation of development and utilization in some countries abroad, provides reference for the development and utilization of oil shale in China.

Keywords: oil shale, sedimentary environment, home and abroad

(上接第 34 页)

The study on high-sulfur coal powder separation using permanent magnet and dry high intensity magnetic

LING Xiang-yang¹, WANG Yu-ling¹, LIU Peng², XIA Wen-cheng¹

(1. School of Chemical and Engineering Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;

2. School of Materials Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: With the high-sulfur coal powder from Pingdingshan 7th Coal Seam as the coal sample, using laboratory-made high intensity magnetic separator for sorting, found that: As the particle size increases, the ash, sulfur also increases; the optimum sorting size range is from 0.25 mm to 0.5mm; magnetic removal is mainly pyrite sulfur in coal, while the sulfate sulfur and other organic sulfur change little.

Keywords: pulverized coal; magnetic separation; desulfurization rate; pyrite sulfur

欢迎订阅 2010 《洁净煤技术》杂志 (双月刊)

电话: (010)84262927, 84262909

E-mail: jjmjs@263.net