

# 大庆柳树河油页岩特点及干馏工艺选择<sup>\*</sup>

郑德温 王红岩 刘德勋 李景明 葛稚新

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院)

郑德温等. 大庆柳树河油页岩特点及干馏工艺选择. 天然气工业, 2008, 28(12):130-132.

**摘 要** 大庆柳树河盆地油页岩资源丰富, 分布比较稳定。研究了该盆地油页岩含油率、热值、水分、热稳定性、强度等特性, 针对该地区油页岩“三高一低”(高含油、高含水、高热值和低强度)的特点, 采用自主研发的 2 kg 级别室内干馏装置对油页岩进行全面室内评价, 同时自主研发了新型小颗粒固体热载体干馏工艺, 提出对大庆柳树河油页岩可采用小颗粒固体热载体干馏工艺技术。

**主题词** 柳树河盆地 油页岩 特征 含油量 热稳定性 干馏工艺 小颗粒

## 一、大庆柳树河油页岩资源现状与分布

大庆地区发现了 19 个油页岩矿点, 油页岩产于古近系和新近系, 页岩油资源量为  $108 \times 10^8$  t。其中五河矿柳 Y109 井区面积 1.71 km<sup>2</sup>, 探井 9 口, 单井控制面积 0.20 km<sup>2</sup>, 柳树河盆地五河断陷剖面见图 1, 钻探结果见表 1。

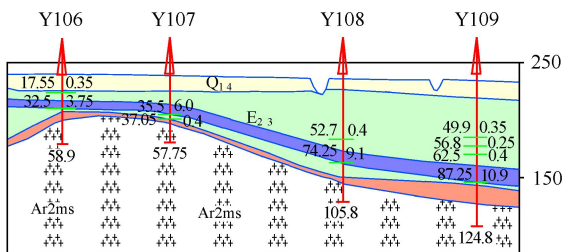


图 1 柳树河盆地五河断陷柳 Y106~Y109 井剖面图

表 1 柳树河盆地五河断陷柳 109 井控制区域储量表

厚度 (m)	平均厚度 (m)	面积 (km <sup>2</sup> )	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	矿石量 (10 <sup>4</sup> t)	平均含油率 (%)	页岩油储量 (10 <sup>4</sup> t)
> 5 m	7.7	1.23	1.59	1 505.94	14.8	222.88
< 5 m	3.0	0.48	1.59	229.13	14.8	33.91
合计		1.71	1.59	1 735.07	14.8	256.79

柳 Y108 井见 9.1 m、柳 Y109 井见 10.4 m, 油

页岩由北向东南增厚。厚度大于 5 m 油页岩面积 1.23 km<sup>2</sup>, 按平均值 7.7 m、密度按平均值 1.80 计算, 矿石量为  $1 704.78 \times 10^4$  t; 厚度小于 5 m 面积 0.48 km<sup>2</sup>, 按平均值 3 m 计算, 矿石量为  $259.2 \times 10^4$  t。柳 Y109 井区矿石量合计  $1 735.07 \times 10^4$  t, 含油率为 7.6%~17.2%, 平均含油率为 12.93%, 页岩油储量为  $256.78 \times 10^4$  t。

柳树河盆地五河矿区油页岩分布比较稳定、埋藏浅、厚度大、盖层成岩性较差的特点, 是较有利的开发目标区。

## 二、大庆柳树河油页岩性质与室内评价

### 1. 油页岩类型

柳树河 Y109 油页岩干酪根产气实验结果见表 2。经分析化验, 初步认为大庆柳树河油页岩有机质干酪根类型为腐泥腐殖型, 具一定生油、产气能力。平均含油率达 10.83%, 平均产水 34.56%, 平均产气 10.89%, 具高含油、高含水、产气量大的特点。

### 2. 油页岩发热量及油品性质

表 3 是柳树河地区油页岩与全国各地油页岩发热量对比结果。可以看出, 该地区油页岩具有中高发热量、高挥发分、低硫、低灰分的特点。

### 3. 油页岩热解曲线

用自行研制的 2 kg 级小型干馏室内干馏炉对柳

<sup>\*</sup> 本文受到国家“十一五”科技支撑项目(编号:2006BAB08), 中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目(编号:07-02A-03-02)的资助。本文作者还有中国石油勘探开发研究院廊坊分院的方朝合、王佰长。

**作者简介:** 郑德温, 1966 年生, 高级工程师; 廊坊分院学科带头人, 主要从事油砂、油页岩非常规新能源基础理论及分离工艺开发工作。地址: (065007) 河北省廊坊市中国石油勘探开发研究院廊坊分院新能源研究所。电话: (010) 69213015。E-mail: zdw69@petrochina.com.cn

表 2 柳 Y109 油页岩干馏实验数据表

样品编号	取样深度 (m)	含油率 (%)	表面水 (%)	热解水 (%)	总水分 (%)	干馏气 (%)
柳 Y109 <sup>#</sup>	77.85~78.35	11.45	23.61	12.41	36.02	10.11
柳 Y109 <sup>#</sup>	79.35~79.85	10.02	21.18	9.60	30.78	7.64
柳 Y109 <sup>#</sup>	80.40~80.90	10.97	20.58	9.70	30.28	8.18
柳 Y109 <sup>#</sup>	81.15~81.65	11.49	28.33	2.71	31.04	18.80
柳 Y109 <sup>#</sup>	82.50~83.00	12.54	25.39	10.61	36.00	10.45
柳 Y109 <sup>#</sup>	84.00~84.45	12.24	24.91	11.76	36.67	11.05
柳 Y109 <sup>#</sup>	84.50~85.00	7.13	27.76	13.40	41.16	9.99
平均值		10.83	24.54	10.03	34.56	10.89

表 3 柳树河油页岩与其他地区油页岩发热量结果表

地区	含油率 (%)	发热量 (MJ/kg)	灰分 (%)	挥发分 (%)	全硫 (%)
柳树河	12.49	13.86	35.85	65.04	0.22
抚顺	8.73	3.51	71.44	21.05	2.55
茂名	7.27	5.02	65.00	20.12	5.78
桦甸	12.00	9.63	64.40	81.93	1.00
龙口	14.00	12.2	49.90	35.66	1.20



图 3 干馏后的柳树河油页岩半焦图

柳树河油页岩进行干馏,实验结果见图 2。

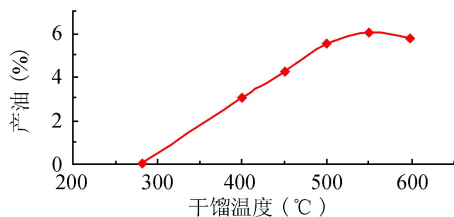


图 2 温度对干馏效果的影响曲线图

实验结果表明,250 °C 之前主要产水,270 °C 后开始产油,当温度达到 520 °C 附近,产油率达到最高,随着温度的继续升高,油气裂解,产油率下降,产气量急剧上升。

#### 4. 油页岩热稳定性及抗压强度

油页岩的热稳定性是干馏工艺的重要参数之一<sup>[1-3]</sup>。实验发现柳 Y109 油页岩(取样深度 71.9 m,尺寸 58.3 mm,压力 3.6 kN)单轴抗压强度为 467 kPa,柳 Y108 油页岩(取样深度 80 m,尺寸 63.97 mm,压力 1.5 kN)单轴抗压强度为 1 349 kPa,而抚顺露天矿油页岩单轴抗压强度达到 7 800 kPa。油页岩干馏后的半焦强度更低,几乎完全破碎,干馏后半焦(图 3)。总的来说,大庆柳树河盆地油页岩具有强度小、热稳定性差、易碎的特点,干馏后半焦机械强度更低,因此不能采用抚顺块状气体热载体干馏工艺。

### 三、新型小颗粒油页岩干馏工艺方案

目前世界上广泛应用的成熟干馏技术主要有两大类:一是处理块状的气体热载体干馏工艺:如中国抚顺式干馏炉、巴西的 Petrosix 干馏炉、爱沙尼亚的 Kivite 干馏炉。二是处理小颗粒的固体热载体干馏工艺:如爱沙尼亚的 Galoter 和澳大利亚的 ATP 水平旋转干馏炉<sup>[2-3]</sup>。不同干馏工艺技术对比见表 4。

大量室内评价结果表明大庆柳树河盆地油页岩普遍具有“三高一低”(含油率 10%~20%、含水高 15%~35%、高热值、强度低)的特点,因此柳树河盆地油页岩不能采用国内抚顺式干馏工艺,可采用小颗粒固体热载体干馏工艺。

中国石油廊坊分院从 2004 年开始进行小颗粒固体热载体干馏工艺开发,2005 年开展了油砂干沥青现场干馏试验,取得了重要工艺参数,并获得了国家实用新型专利<sup>[4]</sup>。2007 年经过集成创新,又研制出了第二代新型残渣内循环式高效小颗粒固体热载体干馏工艺,已经申请国家专利。2008 年中国石油提出了新型小颗粒固体热载体干馏工艺技术方案,提出用预热、干馏分段式优化设计,实现环保、高效、节能的效果。工艺流程见图 4。

表4 国内外不同干馏工艺适应技术对比表

炉型类别	气体热载体			固体热载体		
	抚顺技术	KIVITER	PETROSIX	GALOTER	ATP	中石油
工艺原理	内热式	内热式	内热式	回转干馏	回转干馏	回转干馏
粒径要求(mm)	10~75	10~125	6~76	0~12	0~25	0~30
油收率(%)	<65%	75%~80%	>90%	85%~90%	85%~90%	85%~90%
处理能力(t/d)	100	1 000	6 000	3 000	6 000	200
适应性	硬质块料	硬质块料	硬质块料	小颗粒	小颗粒	小颗粒
干馏过程	页岩热解 半焦气化	页岩热解 半焦冷却	页岩热解 半焦冷却	页岩热解 半焦燃烧	页岩热解 半焦燃烧	页岩热解 半焦燃烧
主要产品	燃料油+ 低热煤气	燃料油+ 化工品+半焦	燃料油+ 高热值气+半焦	燃料油+化工品 +高热值气	低硫轻油+轻燃料油 +高热值气	轻油+ 高热值气
应用情况	抚顺桦甸	爱沙尼亚	巴西	爱沙尼亚	澳大利亚	新疆

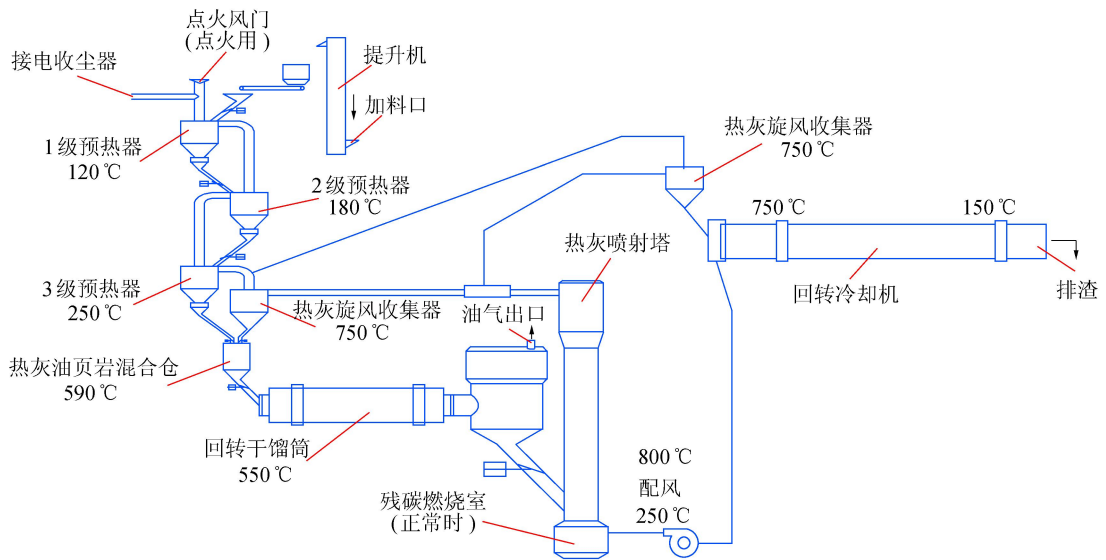


图4 油页岩水平旋转干馏工艺流程示意图

### 四、结 论

(1)大庆柳树河盆地油页岩资源丰富,分布稳定、埋藏浅,厚度大,是有利开发目标区之一。

(2)大庆柳树河盆地油页岩有机质干酪根类型为腐泥腐殖型,具有一定生油、产气能力。热解实验表明,该地区油页岩的最佳干馏温度在 520 °C 附近,继续升高温度页岩油产率下降,但产气量明显增加。

(3)大庆柳树河盆地油页岩具有“三高一低”(高含油、高含水、高热值、低强度)的特点,不能采用抚顺式干馏工艺提油。由于新型小颗粒干馏工艺具有出油速度快、出油率高、原料利用率高、环保等优点,小颗粒固体热载体干馏工艺可以用于该地区油页岩的干馏提油。

本项工作得到大庆油田新能源筹备组领导和同仁们的帮助与支持,在此向他们致谢!

### 参 考 文 献

[1] 陆绍信,陈廷蕤,沈志虹,等.我国油页岩热性质研究——油页岩的热膨胀性能[J].石油学报:石油加工,1990,6(2):95-99.

[2] 侯祥麟.中国页岩油工业[M].北京:石油工业出版社,1984:5.

[3] 肇永辉.页岩油加工方案的研究[J].沈阳化工,2000,2(29):78-80.

[4] 孟明,贾道春,郑德温,等.水平旋转干馏炉:中国,ZL200520109432.2[P].

(修改回稿日期 2008-10-10 编辑 罗冬梅)