

## 新疆油砂水洗分离技术研究

许修强<sup>1,2</sup>, 郑德温<sup>2</sup>, 曹祖宾<sup>1</sup>, 王红岩<sup>2</sup>, 葛稚新<sup>2</sup>

(1. 辽宁石油化工大学 石油化工学院, 辽宁 抚顺 113001; 2. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 新能源研究所, 河北 廊坊 065007)

**摘要:** 用YSFL系列油砂水洗分离剂进行新疆沥青砂的水洗分离, 综合考察水洗剂质量分数、加热温度、加热时间、剂砂比等因素对油砂分离的影响, 比较YSFL系列水洗分离剂配方对油砂沥青的水洗分离效果。实验结果表明, 在适宜水洗分离剂质量分数(5%)、适宜的加热温度(90℃)、适当的加热时间(20 min)和剂砂质量比(2:1)的条件下, YSFL-3油砂分离剂可以将油砂沥青中的沥青与石英砂实现较好的分离, 油砂出油率可达94%以上。分离后的水性试剂可循环利用, 对环境无污染。

**关键词:** 油砂; 水洗试剂; 新疆油砂矿; 出油率

**中图分类号:** TE 349

**文献标识码:** A

### 0 引言

油砂是一种混合物, 由砂、沥青、矿物质、水和黏土组成<sup>[1]</sup>, 它主要用于提取油砂沥青, 以生产合成原油<sup>[2]</sup>。中国油砂资源丰富, 全国油砂地质资源量为 $59.7 \times 10^8$  t, 可采资源量为 $22.58 \times 10^8$  t, 位居世界第5位<sup>[1]</sup>。作为一个发展中的大国, 中国对原油的需求增加迅猛, 2005年进口原油占全国石油消耗总量的1/3以上<sup>[3]</sup>, 未来我国能源的巨大缺口在很大程度上要依靠油砂和重油来弥补。因此, 迫切需要从战略高度做好油砂后备资源的研究、开发和利用工作。

油砂的研究主要是利用油砂制油, 其方法大体可以分为热碱水洗法、溶剂提取法和热解法<sup>[4]</sup>。油砂中的原油化学组成极复杂, 主要为稠环芳烃及大分子烃类, 胶质、沥青质含量高。由于其黏度高、分子量大, 导致它们流动性及互溶性差, 因而极易沉积, 吸附在所接触界面上<sup>[5]</sup>, 因此, 油砂上的沥青油与石英砂的分离相当困难。近年来国内多家单位对内蒙水润特性油砂的开发利用进行了深入研究, 在油砂分离方面取得了一定成果<sup>[6]</sup>, 但新疆克拉玛依油砂属于弱水润型油砂, 用一般分离水润型油砂的热碱水洗工艺效果

不甚理想, 开发一种适合新疆油砂的水洗分离剂配方及寻找一种最佳分离工艺是十分必要而又具有现实意义的。因此, 本实验研究成果为进一步研究新疆油砂开采、分离具有一定的指导作用。

### 1 实验部分

#### 1.1 实验样品

油砂样品取自新疆克拉玛依油砂矿。样品选取了具有代表性的油砂10 kg, 呈黑褐色, 沥青油与石英砂附着紧密, 含油率13.6%, 固含量85.3%, 水份微量。

#### 1.2 水洗试剂

YSFL系列油砂分离剂由实验室自配。该试剂是由多种化学试剂、破乳剂、表面活性剂、助活性剂等复配而成的水性试剂。本实验将不同组成复配而成的YSFL、YSFL-1、YSFL-2、YSFL-3分离剂作为考察对象进行实验优选。

#### 1.3 水洗分离机理<sup>[7]</sup>

油砂的水洗分离机理类似于油田三次采油的碱水驱和表面活性剂的驱油机理。碱水驱主要是通过碱性物质与原油中的环烷酸类作用形成环烷酸皂类表面活性剂, 从而降低水与原油之间的界面张力, 使油水乳化, 改变砂石的润湿性并可溶解

收稿日期: 2007-10-16; 修订日期: 2007-12-11

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAB03B08)

作者简介: 许修强(1981-), 男, 山东鄄城人, 辽宁石油化工大学硕士研究生, 主要从事油砂分离及加工工艺方面的研究, E-mail: xiuqiang125@126.com; 通讯联系人: 曹祖宾, 男, 教授, 博士, 主要从事重质油化学及加工方面的研究。

界面薄膜,通过这些作用达到提高采油率的目的。由碱水驱及表面活性剂驱油机理可知,油砂水洗分离机理有如下几种:①降低油水界面张力;②油/砂的润湿性改变;③乳化降黏作用;④破坏增溶油水界面处形成的刚性薄膜。

#### 1.4 实验方法

按照一定的剂砂比在烧杯中加入油砂和上述YSFL系列油砂分离剂,将烧杯置于恒温水浴搅拌仪中,当水溶液达到预定的温度后,恒温下对油砂浆进行一段时间的清洗,然后静止15 min,将液面油砂沥青刮去,倾倒入溶液,将分离后的砂置于烘箱中干燥,利用重量法计算出油率(单位质量的油砂,在分离剂的作用下分离出的油砂油的质量与该单位质量油砂含油量的比值为出油率,下同),根据出油率的高低来评价分离效果。

#### 1.5 油砂分离实验流程

在实验室内将YSFL油砂分离剂和称取的油砂砂样按适当比例混合,进行搅拌并置于加热装置中加热,控制适当的加热温度和加热时间,在沥青油与石英砂充分剥离后,剂砂油混合物相分离,得到分离的油砂沥青乳状液。其实验流程如图1所示。

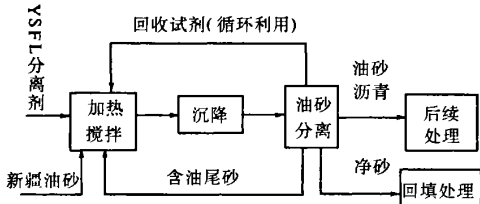


图1 油砂分离实验流程图

Fig.1 The process flow diagram(PFD) for water extraction of oil sand

## 2 实验结果及其分析

#### 2.1 水洗试剂的筛选

将复配而成的YSFL、YSFL-1、YSFL-2、YSFL-3分离剂应用于油砂分离效果实验,实验结果如图2所示。

由图2可以看出,在4种分离剂的作用下,随着温度的升高,油砂出油率都在提高。在70℃时,出油率最低的为50%左右,最高的只有60%。在70~75℃分离效果都不理想。在75~85℃,出油率显著提高,尤其是YSFL-3分离剂在80℃时就达到85%,85℃时出油率达到92%左右,温度再升高,出油率虽有提高,但趋势不再明显,当温度升高到95℃时,出油率均达超过80%左右。总

体来看,YSFL-3分离剂的分离效果明显高于其它3种清洗剂,出油率最高超过95%,因此,本实验以分离效果最好的YSFL-3分离剂为新疆弱油浸润型油砂的分离试剂,进行工艺参数测试。

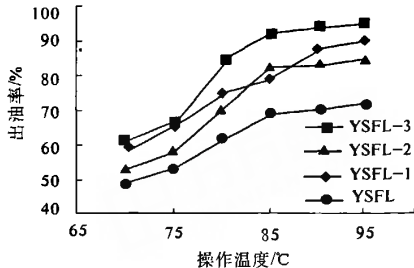


图2 不同温度下分离效果比较图

Fig.2 Effect of reaction temperature on detaching of oil sand

#### 2.2 分离剂质量分数对出油率的影响

以YSFL-3分离剂为分离试剂进行测试,考察不同质量分数(即YSFL-3分离剂的质量占水和YSFL-3分离剂质量之和的分数,下同)下油砂的分离效果,测试YSFL-3的分离结果如表1所示。

表1 质量分数对出油率的影响

Tab.1 Effect of quantity score on oil - extracting rate %

质量分数	出油率	质量分数	出油率
1	45.4	6	94.2
2	50.1	7	94.5
3	75.6	8	94.7
4	86.2	9	94.9
5	94.0	10	95.0

由表1可以看出,油砂出油率随着YSFL-3分离剂质量分数的增加而增加,在5%之前出油率提高幅度较大。当质量分数为5%时,油砂出油率已达94%,而后随着分离剂质量分数的增加出油率有所增加但增幅不再明显,当质量分数达到6%或更高时的出油率较质量分数为5%时几乎没有再提高。虽然较高质量分数的清洗效果比较理想,但也造成了分离成本的提高。综合考虑,质量分数为5%的YSFL-3分离剂适宜新疆油砂水洗分离。

#### 2.3 加热温度对出油率的影响

以5%的YSFL-3分离剂进行分离测试,改变加热温度,结果发现,洗脱温度对油砂分离影响比较显著。不同温度下油砂分离测试结果如图3所示。

由图3可以看出,随着温度的升高油砂出油率增加,在80℃之前几乎呈线性变化,而后随温度增加出油率增加缓慢,温度到达90℃,出油率

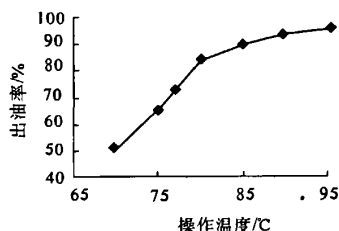


图3 加热温度对出油率的影响

Fig.3 Effect of reaction temperature on oil - extracting rate

达到95%以上。温度较低时砂-水-油界面不清,分层效果差,出油率不高;而当温度升高至80℃左右时出油率显著提高。这是因为温度升高后油水密度差增大,分离出的油以小油珠形式不断上浮,油水界面清,分层效果好。又因新疆油砂属于弱油浸润型油砂,沥青膜和砂砾结合紧密,必须在较高的洗脱温度下才能降低油砂沥青的黏度,使沥青油易于在搅拌剪切力的作用下从砂上流动剥离下来。90℃时的出油率已达95%,故选定加热温度为90℃。

#### 2.4 加热时间对出油率的影响

为使油砂中的油砂沥青最大限度地被YSFL-3分离剂从油砂中剥离出来,提高出油率,对油砂溶液这一稳定的乳化体系进行清洗时间的考察,分离测试在质量分数为5%、温度为90℃的条件下进行,结果见表2。

表2 加热时间对出油率的影响

Tab.2 Effect of reaction time on oil - extracting rate

加热时间 /min	出油率 /%	加热时间 /min	出油率 /%
2	10.2	14	84.2
4	15.4	16	89.0
6	23.3	18	92.1
8	40.5	20	94.0
10	65.1	22	94.5
12	78.7	25	94.6

由表2可知,加热清洗20 min后出油率基本上维持在94%以上,之后再加热对出油率影响很小,故选用加热20 min更经济。

#### 2.5 剂砂比对出油率的影响

固定YSFL-3分离剂的质量分数为5%、加热温度恒定90℃的条件下,改变清洗剂与油砂的质量比,考察剂砂比对出油率的影响,结果见图4。

由图4可知,剂砂比的改变对油砂分离的出油率有一定的影响,但并非剂砂比越大,出油率越高。新疆油砂样的出油率随剂砂比的增大而先升

后降,剂砂比为1.5时YSFL-3分离剂不能与油砂沥青油充分接触,油砂出油率在85%左右,剂砂比为2时出油率达到95%以上,剂砂比大于2时,出油率开始下降。

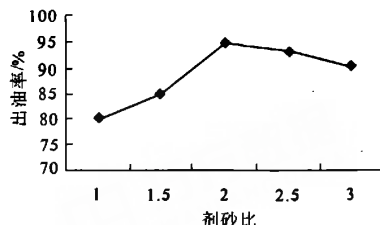


图4 剂砂比对出油率的影响

Fig.4 Effect of the ratio of water and oil sand on oil - extracting rate

当YSFL-3分离剂适量时,在搅拌加热过程中进入大量气体于油砂和液相中,并在加热的情况下产生大量气泡,而气泡的鼓吹作用不仅对油砂分离的影响较大,而且能使部分因含少量的砂而略重于水的石油沥青中的砂脱落,从而漂浮于水面,形成油砂自动分离的趋势。而当YSFL-3分离剂过量时,由于试剂早已没过油砂,即使在搅拌时也无法使油砂与空气接触,或者是接触不够,充气量相当有限,几乎无气浮过程,鼓吹作用减弱,因而分离出的沥青油含细小沙粒碎屑较多,给后期的加工处理及炼制造成影响。剂砂比的大小影响着分离出的油砂沥青含砂量的大小,不同的剂砂比分离出的沥青油含砂率不同。实验结果表明,剂砂比为2时,含砂最少,出油率最大可达95%以上。

#### 2.6 回收试剂重复使用效果考察

为了考察复配试剂的重复使用性能,分别选用油砂分离后的试剂作为分离剂进行油砂分离测试。在测试过程中,为了保持处理比不变,将前一次分离出的清洗剂补加1.0%的新鲜分离剂。按最佳条件即:加热温度为90℃、加热时间为20 min和剂砂质量比为2:1的条件下重复操作,考察回收分离剂的重复利用效果,测试结果如图5所示。

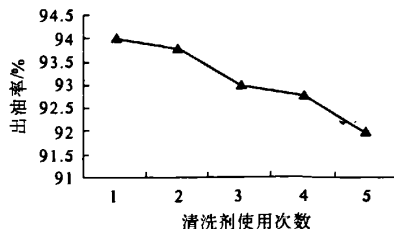


图5 回收试剂重复使用效果

Fig.5 Effect of using recovered reagent

由图5可知,在最佳条件下,经分离处理过的

分离剂重复使用5次,出油率下降幅度不大,出油率仍保持在92%以上,因此回收分离剂重复使用效果理想,这对降低处理成本以及避免二次污染有重要意义。

### 3 结论

(1)通过考察YSFL-3分离剂质量分数、加热温度、加热时间、剂砂比等因素对油砂出油率的影响,得出新疆克拉玛依油润油砂最佳分离操作条件是:水洗分离剂质量分数为5%,加热温度为90℃、加热时间为20 min和剂砂质量比为2:1,在此最佳条件下出油率可达94%以上。

(2)YSFL-3分离剂可回收循环利用,降低了试剂和清水的用量以及处理成本,同时避免了二次污染。

### 参考文献:

[1] 贾承造.油砂资源状况与储量评估方法[M].北京.

石油工业出版社,2007:1-25.

- [2] 孙楠,张秋民,扎费特旗油砂在氮气气氛下的热解制油研究[J].燃料化学学报,2007,35(2):241-244.
- [3] 赵金花,赵德智,王童,等.内蒙古油砂油的综合评价[J].石油炼制与化工,2007,38(2):15-18.
- [4] 姚全敏.预算重油和沥青的粘度[J].国外油田工程,1994(2):45-46.
- [5] 董知军,刘立平,王蓉辉,等.内蒙古扎费特旗油砂分离[J].石油化工高等学校学报,2005,18(4):31-34.
- [6] 刘立平,申志兵,曹祖宾,等.内蒙油砂沥青减黏裂化生产燃料油工艺研究[J].郑州大学学报:工学版,2007,28(3):109-116.
- [7] 申志兵.内蒙油砂分离、油砂油评价及其减粘裂化工艺研究[D].抚顺:辽宁石油化工大学石油化工学院,2007.

## Study on Hot Water Extraction of Xinjiang Oil Sand

XU Xiu-qiang<sup>1,2</sup>, ZHENG De-wen<sup>2</sup>, CAO Zu-bin<sup>1</sup>, WANG Hong-yan<sup>2</sup>, GE Zhi-xin<sup>2</sup>

(1. School of Petroleum and Chemical Technology, Liaoning University of Petroleum and Chemical Technology, Fushun 113001, China; 2. The New Energy Institute, Langfang Branch of Petro China Exploration & Development, Langfang 065007, China)

**Abstract:** The hot water extraction of Xinjiang oil sand by the series of YSFL water reagents was studied. In the water extraction experiment, the effect of the ratio of reagents, temperature, time and the ratio of water and oil sand on the extraction have been studied, and the optimal conditions are confirmed. The optimum extraction parameters are: the ratio of reagents is 5%, the detaching time is 20min, temperature is 90℃ and the ratio of water and oil sand is 2:1. Under such conditions, the oil sand bitumen can almost be detached by YSFL-3 and the oil-extracting rate is up to 94%. The water reagent after detaching can be cycle-utilized and it is a environment friendly reagent.

**Key words:** oil sand; water reagent; Xinjiang oil sand bitumen; oil-extracting rate