

油砂的成矿特征及开采分离技术

周 鹏¹, 王文冰¹, 崔 义², 何 江¹, 苟明福³, 刘 毅⁴

(1. 中国地质大学(北京) 工程技术学院, 北京 100083;

2. 中国华能集团公司 煤炭部, 北京 100031;

3. 中国石油天然气集团公司 川庆钻探工程有限公司地球物理勘探公司, 四川 成都 610213;

4. 中石油大港油田第四采油厂, 天津 300280)

摘要:系统介绍了油砂矿的成因、开采及分离方法,并介绍了国外提取沥青油的最新方法,为中国油砂矿的开发利用提供参考。

关键词:油砂矿; 沥青油; 开采; 分离

中图分类号: TE3

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2010)06-0091-03

油砂,即浸油的岩石,是指含有天然沥青的砂子或其他岩石,故又称为沥青砂或焦油砂。据美国地质调查局(USGS)统计,世界油砂可采资源量约为930亿t,占世界石油可采总量(2910亿t)的32%^[1]。全球油砂资源分布很不均衡,主要分布在北美洲、俄罗斯、拉丁美洲和加勒比海等国家和地区^[2]。中国也有比较丰富的油砂资源,据“新一轮中国油气资源评价”结果,中国油砂地质资源量为59.7亿t,可采资源量22.58亿t,主要分布在新疆、青海、内蒙古、四川、西藏等地。分布于准噶尔盆地、松辽盆地、四川盆地、柴达木盆地以及鄂尔多斯盆地中的部分油砂矿带资源量大、埋藏浅、含油率高,具有较高的开采价值^[3]。与煤层气、页岩气、油页岩等非常规资源一样,油砂也是一种重要的石油补充和替代能源。1964年,加拿大大油砂公司(Great Oil Sands Company)获得许可开始经营第一个现代油砂项目,进行油砂露天开采和改质,标志着油砂资源正式得到开发利用。随着常规油气资源的日趋短缺,油砂资源的勘探、开采以及加工利用受到人们越来越多的重视。

1 油砂矿成因

世界绝大部分油砂资源赋存于白垩系和古近一新近系中。下部烃源岩层经过成熟演化大量生烃,形成油藏。后期由于构造运动,古油藏遭到破坏,烃类经过运移,进入浅部地层或盆地边缘地带。运移过程中到达地层浅处时,由于浅层地下水或地面大气水把溶解的氧和微生物带入,使原油发生明显的生物降解、水洗、游离氧的氧化和轻质组分的蒸发,迅速稠变向重油演化,在浅部地层和盆地边缘地带形成重油带和油砂矿。运移的通道主要有多期构造运动形成的不整合面、裂隙渗透带以及盆地边缘的断层带等。依据盆地类型的不同,中国的油砂矿可以分为西部挤压盆地油砂、东部伸展盆地油砂、中部过渡型盆地油砂、南部地台型盆地油砂。拜文华等^[4]根据油砂矿的成因及构造部位将中国油砂矿的构造成因类型分为斜坡逸散型、低凸起遮挡型、中央隆起带抬升型、古油藏破坏型、次生聚集型5类。

2 油砂开采方法

国内外油砂开采方法与一般固体矿产开采方

收稿日期:2010-09-08

作者简介:周鹏(1982—),男,陕西咸阳人,在读研究生,主要从事油气地质勘探研究工作。

式一样,主要有2种:露天开采和原位(原地)开采。中国油砂发展规划分2个阶段实施:2020~2030年,以地表油砂开采为主;2030~2050年,地面油砂开采和地下开采并举。预计到2030年,中国油砂矿将达到 5×10^6 t/a的油产能,到2050年将达到 18×10^6 t/a的油产能^[5]。

2.1 露天开采

露天开采主要适用于埋藏较浅(小于75 m)且厚度大于3 m的近地表油砂矿。其方法是揭去油砂矿带上的覆盖物,露出油砂后进行开采。油砂采出率可达90%以上。除了油砂中的烃类物质可以得到充分萃取分离,其中所含的硫、铜等矿物也能得到充分的利用。目前,露天开采技术较为成熟,在加拿大、委内瑞拉等国都已形成大规模工业开采。开采初期,通常使用轮式巨型挖掘机和传送带,但由于加拿大等国恶劣的气候条件,经常致使机器不能正常工作而造成重大损失。通过改进使用巨型电动铲车和巨型运送卡车,成效明显。Ardeshir和Tim^[6]研究认为在使用巨型电动铲车和巨型运送卡车等设备期间应考虑地面刚度的变化,防止因地面软化应变而造成运输和开采过程的不稳定。中国的油砂资源储量巨大、品质高、赋存浅、油砂层厚,因此适宜以露天开采方法为主。

2.2 原位开采(现场分离法)

地下原位开采是对于埋藏较深(大于75 m)的油砂矿带,由于需要剥离的盖层厚度过大,造成成本过高而无法应用露天开采技术,全球范围内已探明埋藏较深的油砂约占油砂储量的85%以上,需要采用原位开采技术。采用现场分离法技术,在井下将沥青加热至可以流动的状态,然后再将液化的沥青抽出地面。因为是在地下进行,可以减少因开采和加工造成的环境污染。原位开采中用到的技术方法主要有循环蒸汽强化法和蒸汽辅助重力排泄法,出砂冷采技术、地下水平井注气溶剂萃取技术、井下就地催化改质开采技术、水热裂解开采技术、火烧油层技术、电加热技术、微波加热技术及微生物处理技术等^[7]。

3 油砂分离方法

在油砂分离应用中多数都采用碱驱驱油,即依靠在水基中加入氢氧化钠等改变pH,降低分离条

件,提高沥青的回收率。油砂分离的研究经历了Strand和William^[8]的水剂法, Sanford和Seyer^[9]化学药剂提取法, Schramm等人^[10]的天然表面活性剂分离法等阶段。按照砂粒的特性,油砂大体上可以分为水湿性油砂、油湿性油砂及中性油砂3种。对于水湿性油砂的分离,一般采用水洗方法就有较高的洗油效率,这种方法成本不是很高。而对于油湿性油砂的分离来说,化学试剂的使用是不可避免的,通常使用表面活性剂来提取沥青油^[11]。

3.1 热水法

利用热作用和机械作用使沥青油从油砂上剥离分离一般分为3个步骤:①油砂和95℃左右的热热水混合,在混合罐中用蒸汽和机械剧烈搅动制成油砂浆液,使沥青油和油砂彻底分离。在搅拌分离过程中,主要涉及降低界面张力、乳化作用及流动、润湿性的改变和刚性界面膜等原理^[12-13]。②沥青油和油砂彻底分离后,沙子和岩石等通过自然沉降从浆液中分离出来,沥青油中含有一定量的空气使其漂浮到浆液表面,沥青油浮渣可以和浆液分离。③浆液中的剩余部分称为中间层,仍含有部分沥青油没有浮到浆液表面,需要采用浮选技术进一步提取回收^[5]。

3.2 热碱水洗法

将一定量NaOH溶于水,加热搅拌后,加入碾碎的油砂。恒温下使油砂发生充分反应,然后进入浮选池,加水搅拌,直至大量黑色烃类物质浮出水面,提取水溶液表面油层,而后对残余溶液再次进行浮选,直至无油砂油浮起为止。

3.3 离子溶液洗法

Paul^[14]通过实验发现在25~55℃区间,利用离子溶液和有机溶剂可以稳定地提取油砂中的沥青油,通过加入非极性溶剂,如甲苯,可以使沥青提取率达到90%以上。而且离子溶液具有较好的化学稳定性和热稳定性,不易燃且不易挥发,使萃取后的残余砂泥相对清洁而不具污染性。

3.4 磁处理工艺水洗法

Amiri^[15]研究认为当硬离子(Ca^{2+} 和 Mg^{2+})质量分数高于0.004%时,沥青油的萃取率很低。理论和实验探讨了磁处理工艺水洗法在提高沥青油萃取率方面的重要意义。对普通的热热水法工艺水

进行磁处理,降低其硬离子体积浓度,然后再用热水法提取沥青油,实验分析认为,磁处理工艺水洗法可以大大提高沥青的提取率。

3.5 水剂空气化法

第一步是在水中加入浆化剂,一方面可以形成浆化液使油砂联结在一起,另一方面可以增加水对油砂的渗透,使砂粒表面的含水量增加,同时浆化剂扩散到整个水层中;第二步是鼓入空气,空气的加入增大了沥青颗粒的浮力,减小了其表面张力,在适宜的温度下,沥青能很好的与气泡接触,能在气泡上形成油膜;第三步加入稀释剂,使沥青与沙粒分离,并漂浮到浆化液的表面。

3.6 微乳液洗油法

微乳液能与油、水混溶,大大降低油水界面张力,用在驱油方面,采收率普遍提高10%以上,特别是中相微乳液能使水驱后的残余油全部被驱出,在三次采油中具有重要的应用价值,将微乳液用在油砂洗油中将具有十分广阔的应用前景。微乳液直接作用于油砂,常温即可,不需更多的热能,可降低开采成本^[8]。

3.7 超声波除油

在油砂分离中主要是利用它的超声空化作用。整个油砂分离过程中,湍流效应、微扰效应、聚能效应和界面效应4种附加效应起到至关重要的作用。其中,界面效应是由声流以及在油砂和介质水的界面处的微射流产生的机械效应,加速了砂表面沥青油的剥离;聚能效应和微扰效应减弱了沥青油对砂表面的粘附应力;湍流效应可使整个分离系统产生很多旋涡,加快了被剥离下来的油层乳化过程^[5]。

4 结 论

中国油砂资源丰富,主要赋存于白垩系和古近一新近系中,是由下部地层原油沿着断层或裂隙运移到浅部地层或盆地边缘形成。油砂矿的开采方式主要有露天开采和地下原位开采。国内外油砂分离方法主要有:热水法、热碱水洗法、离子溶液洗法、磁处理工艺水洗法、水剂空气化法、微乳液洗油法和超声波除油等。

参考文献:

[1] 雷群,王红岩,赵群,等. 国内外非常规油气资源勘探周 鹏等:油砂的成矿特征及开采分离技术

开发现状及建议[J]. 天然气工业,2008,28(12):7-10.

- [2] 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,2007:26-28.
- [3] 刘人和,王红岩,王广俊,等. 中国油砂矿资源开发利用潜力及前景[J]. 天然气工业,2009,29(9):126-128.
- [4] 拜文华,刘人和,李凤春,等. 中国斜坡逸散型油砂成矿模式及有利区预测[J]. 地质调查与研究,2009,33(3):228-235.
- [5] 崔苗苗,李文深,李晓鸥,等. 油砂资源的开发和利用[J]. 化学工业与工程,2009,26(1):79-85.
- [6] Ardeshir S D, Tim G J. Oil sand deformation under cyclic loading of ultra-class mobile mining equipment[J]. Journal of Terramechanics, 2010, 47(2):75-85.
- [7] 许修强,王红岩,郑德温,等. 油砂开发利用的研究进展[J]. 辽宁化工,2008,37(4):268-271.
- [8] Strand, William L. Method for releasing and separating oil from oil sands[P]. United States Patent:5480566, 1996.
- [9] Sanford E C, Seyer F A. Processibility of Athabasca tar sands using a batch extraction unit- the role of NaOH [J]. Can Min Metall Bull, 1979, 72(803):164-169.
- [10] Schramm L L, Stasiuk E N, Mackinnon M. Surfactants in Athabasca oil sands slurry conditioning, flotation recovery, and tailings processes [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000: 365-430.
- [11] 张刚,刘继伟,李留仁,等. 油砂分离技术的研究现状及影响因素分析[J]. 内蒙古石油化工,2008(1):111-113.
- [12] 张一舸,曹祖宾,杨帆,等. 世界油砂分离技术进展[J]. 天然气工业,2008,28(12):110-113.
- [13] 许修强,郑德温,曹祖宾,等. 新疆油砂水洗分离技术研究[J]. 郑州大学学报(工学版),2008,29(1):26-29.
- [14] Paul P, Phillip W, Ehren M. Recovery of bitumen from oil or tar sands using ionic liquids [J]. Energy Fuels, 2010, 24(2):1094-1098.
- [15] Amiri M C. Efficient separation of bitumen in oil sand extraction by using magnetic treated process water[J]. Separation and Purification Technology, 2006, 47(3): 126-134.

