

油页岩资源开发利用回顾、现状及前景

李海明

(承德石油高等专科学校, 河北 承德 067000)

摘 要 :介绍了国内油页岩资源和利用概况,预测短时间内大规模开发利用油页岩资源尚不可行.随着我国能源特别是石油需求量不断上升,国际油价长期高位运行,油页岩这种可作为石油替代资源的非常规油气资源越来越受到重视,油页岩的开发利用似乎正准备“东山再起”.

关键词 :油页岩;资源概况;开发利用;页岩油

REVIEW AND PROSPECT ON THE EXPLORATION AND UTILIZATION OF OIL SHALE

LI Hai-ming

(Chengde College of Petroleum, Chengde 067000, Hebei Province, China)

Abstract :The oil shale resources and its utilization in China are introduced. It is predicted that a large-scale exploration for oil shale is not feasible in a short time. With a steadily increasing demand for oil and the high international oil price, oil shale is inviting more and more attentions for a substitute. The exploration and utilization of oil shale will stage a comeback.

Key words : oil shale; resources; exploration and utilization; shale oil

0 引言

油页岩(又称油母页岩)是一种高灰分的含可燃有机质的沉积岩,主要由水生的低等浮游植物和低等浮游动物经腐败作用和煤化作用而生成,属腐泥煤的一种,其有机物质通常称作“油母”.油页岩在隔绝空气或氧气的情况下,加热至 450~600℃(即低温干馏或热解),其油母质热解生成页岩油、热解气、热解水及固体残渣.油页岩经低温干馏得到的页岩油类似原油,可进一步加工为汽油、柴油等燃料油,也可直接用作燃料油^[1].油页岩也可直接燃烧,用于供暖和发电.

1 国内油页岩资源概况

我国油页岩资源较丰富,国内一般将含油率大于 5%的油页岩作为有工业价值矿产.地质部 1980 年公布的截至 1979 年底含油率大于 5%的探明油页岩储

量^[1]为 311.7 亿吨,抚顺石油研究所预测的油页岩储量 4520 亿吨,两项合计为 4831.7 亿吨.2004~2006 年我国首次开展了全国性油页岩资源评价工作,评价结果表明,我国油页岩资源为 7199.37 亿吨,折合成页岩油大约为 476.44 亿吨,分布在 20 个省和自治区、47 个盆地,共有 80 个含矿区.

我国油页岩的含油率多在 6%左右,多属贫矿,分布不均匀,主要分布于内蒙古、山东、山西、吉林、黑龙江、陕西、辽宁、广东和新疆 9 省(区).有 21 个省(区)做了储量预测,内蒙古、山东、山西、吉林、黑龙江等省的预测储量大.由于勘探程度较低,目前仅在 14 个省(区)计算了探明储量,其中吉林、辽宁和广东的储量较多.据国土资源网 2009 年 12 月 21 日消息,吉林省探明油页岩资源量约为 971.91 亿吨,当前技术条件下可开发利用的资源量为 266.96 亿吨,

收稿日期:2011-11-07.修回日期:2011-12-29.编辑:李兰英.

作者简介:李海明(1967—),男,硕士,副教授,从事教学管理与研究工作.通信地址:河北省承德市开发区高教园区 9 号,承德石油高等专科学校教务处, E-mail://lihai ming@cdpc.edu.cn

平均含油率5.28%~5.53%。辽宁省截至2004年累计探明储量为41.3亿吨。

2 油页岩资源利用概况

我国曾是世界上页岩油生产消费主要国家。我国的页岩油工业始于1928年,至今已有80多年的历史。1959年,我国页岩油产量达到79万吨,约占当年全国石油产量的21%,为历史最高水平。1959年我国发现大庆油田,1960年开发建设,迅速甩掉贫油帽子,石油实现自给有余,页岩油比重急剧下降,但有少数企业维持着页岩油的开采和利用,是世界上到目前仍然保持着页岩油生产的少数国家之一。

2.1 我国油页岩利用现状

2.1.1 油页岩开采

我国油页岩的开采方式为比较原始的直接开采方式。直接开采包括露天和井下两种开采方式。露天开采适合于埋藏较浅的矿床,成本低,安全系数高,辽宁抚顺和广东茂名就是典型的例子。井下开采适合于埋藏较深的矿床,目前吉林桦甸采用井下开采方式小规模开采油页岩。

直接开采方式局限性比较大,对生态环境的破坏也十分严重。主要表现在两个方面:一是生态及水质破坏严重,无论是露天采矿还是井下采矿,都需要把地下水位降低到含油页岩层的层位以下,开采 1 m^3 油页岩,一般需要抽出 25 m^3 的地下水,采矿水极大地增加了地表水、地下水中硫酸盐的含量;二是直接开采占地太多,特别是在农垦区,一旦开矿就无法完全复耕。

2.1.2 油页岩利用

我国油页岩的利用以低温干馏提炼页岩油为主,并少量综合利用。现主要在辽宁抚顺、吉林桦甸、广东茂名、山东龙口有一定规模的油页岩开发利用。辽宁省抚顺矿业集团有限责任公司页岩油炼厂是目前国内最大的页岩油生产企业。2010年抚顺矿业生产页岩油35万吨^[2]。吉林省油页岩开发利用始于1958年,1999年又在桦甸市建成了油页岩示范电厂,实现了年发电量 $9500\times 10^4\text{ kWh}$,供热面积达到 $53\times 10^4\text{ m}^2$ 。吉林桦甸当前还有3家民营企业,小规模开采干馏油页岩,见到可观的经济效益。广东茂名1958年3月页岩油炼厂投产,到1972年,页岩油产量达到高峰,年产16.42万吨,至1993年因亏损而停产,累计生产页岩油292万吨。另据报道:山东龙新矿业集团2010年已实现页岩处理能力 $60\times 10^4\text{ t/a}$ 、年产页岩油

5.5万吨、半焦40万吨,发电 $1381\times 10^4\text{ kWh}$,实现销售收入2.43亿元。

3 近年国内油页岩开发利用动向

2003年以来,随着国际石油产品价格高涨,曾经被遗忘的油页岩资源又重出江湖。国内许多地方出现一种新动向:重新重视和利用油页岩,有的已经进入了实施阶段。不少专家学者预言,随着我国油气资源短缺问题日益严重,人造石油的地位将越来越重要,页岩油工业将会出现空前大发展。通过油页岩的开发,可接替部分常规油气,部分缓解国内能源供应压力。国土资源部发布的《国土资源“十一五”规划纲要》中,明确提出将大力开展油页岩、油砂、天然气水合物等非常规油气资源的勘探开发,增加科技投入,降低开采成本,增加我国油气资源的保障程度。首次将煤层气、油页岩、油砂等非常规油气资源列入国家评价体系,并拟对全国80个油页岩矿区进行评价。

国内不少地方国企、民企将目光转向油页岩的开发利用。20世纪60年代以前油页岩矿的勘探成果资料和矿区资料被人重视,例如中国石油辽河石油公司2005年投入部分资金,立项对松辽盆地辽河油区油页岩进行了资源普查,并重点对内蒙古奈曼旗杨树沟油页岩勘探图件进行了清绘,设计了矿区详细勘探方案,并准备出资购买该矿区的探矿权。由于种种原因,该项目未能完全实施。2007年该油田勘探开发事业部又立项对辽河油区建昌盆地油页岩综合利用进行分析评价。2007年辽宁成大股份公司投资吉林桦甸油页岩综合开发项目,准备建成集采矿、干馏炼油、热电联产、尾渣利用四位一体的综合开发利用产业链,实现年加工处理300万吨油页岩,年产25万吨页岩油,对油页岩示范电厂进行技改,改油页岩热电厂为半焦热电厂,准备2010年投产。山东龙口矿业集团计划实施油页岩综合利用的“五个一”发展框架,公司目标是积极抢占油页岩综合利用产业的制高点,力争“十二五”末,年处理油页岩突破1000万吨,产油100万吨。2006年9月,荷兰壳牌石油集团与吉林省正式签订合作协议,首期投资1.5亿美元,将对吉林省油页岩资源的商业可利用性进行勘查研究,并将应用壳牌油页岩地下转化专利技术开展工业示范,联合开发吉林省丰富的油页岩资源。广东茂名5家大企业合股组成的广东粤电油页岩矿电联营有限责任公司,准备首期投资37亿元人民币,开发储量达50多亿吨的茂名油页岩资源,建设规模达120万千瓦的燃油页岩发电厂。辽宁省抚顺

市将振兴油页岩工业列入了振兴东北工业基地的重点发展项目,抚顺矿业集团在“十五”初期,就制定了引进国外先进工艺技术和设备、扩大页岩油生产规模的改扩建方案,经过专家论证和技术经济对比,采用加拿大龙玛塔克公司工艺技术和德国克虏伯-普利蒂斯公司 ATP 设备的 10 万吨级油页岩干馏工厂建设项目已全面展开。甘肃省甘肃煤电公司采用陕西神木三江煤化工公司开发的油页岩气燃式干馏方炉(每台日加工 500 t),于窑街拟筹建年产 15 万吨页岩油的干馏厂,计划 2012 年初开工建设。该规划建设项目包括采用 SJ 方型炉,年产 15 万吨页岩油干馏厂及发电厂和建材厂。

4 油页岩开发利用前景预测

据已有资料,我国油页岩的利用主要在辽宁抚顺、吉林桦甸、广东茂名、山东龙口等地。这些地方有着开发利用油页岩的优势条件。抚顺石油二厂是目前国内最大的页岩油生产企业,按抚顺石油二厂 2006 年的实际数据,该厂利用抚顺矿区采煤副产品油页岩炼制页岩油,大约干馏 30~35 t 油页岩可得 1 t 页岩油,综合加工成本约 1000 元。该厂当年页岩油销售价格 3200 元/t,实现利税超 2 亿元,经济效益可观。但是这样的经济效益是别人无法企及的,一是抚顺油页岩与煤伴生,开采油页岩享受国家免税的优惠政策;二是油页岩矿石零成本,抚顺油页岩是露天开采煤矿的剥离产物,抚顺矿务局为石油二厂提供的矿石不收成本,仅每吨收取运费 3.5 元。吉林桦甸干馏油页岩,亦见到经济效益,这主要得益于桦甸油页岩矿虽采用地下开采,但采矿成本较低,含油率高,在 10%以上。

据陈会军等人的调研^[3],2009 年抚顺页岩油生产成本(包括主要原材料、工资、维修、折旧等)约 1500 元/t。吉林省成大弘晟能源有限公司开展的“桦甸油页岩综合开发利用项目可行性分析”研究数据如下^[3]桦甸油页岩采用井巷开采,预计开采成本 100~120 元/t,炼油生产成本 1200 元/t(包括材料、工资、维修、折旧和贷款利息等),总的生产成本 2400 元/t。汪清龙腾能源开发有限公司开展的“汪清罗子沟油页岩综合开发利用”项目调研分析结果^[3]罗子沟油页岩采取露天开采,一般剥采比不大,油页岩开采成本费用一般在 30 元/t,其页岩油生产成本约 1800 元/t。山东省龙口矿业集团“油页岩综合利用炼油项目”调研分析数据^[3]项目规划建设年处理油页岩 150 万吨炼油厂,提炼页岩油 18×10^4 t/a,炉型引进国外先进的技术和设备

(ATP),建一座 40 MW 配套发电厂,粉煤灰做建筑材料或塌陷地回填。投资及经济效益分析预测:项目总投资 2.65 亿美元(约 18.6 亿元人民币),预测炼油年销售收入 3.24 亿元,利润 0.59 亿元,年发电量 22 亿 kWh,销售收入 7.04 亿元,利润 2.06 亿元。辽宁省五家子张家窝铺油页岩炼厂^[4]:投资 3000 万元,2006 年底建成投产,运行 10 台抚顺炉,日处理矿石 1200 t,年产页岩油 1.0×10^4 t,其油页岩埋藏浅,采用平硐方式开采,矿石成本 45 元/t,利润 500~1000 元/t。

以上各公司的实际数据和研究数据显示,开发油页岩均可获经济效益。但调研数据均忽略了环境治理成本、占地补偿、购买采矿权及国家资源税费等成本的巨额支出。

笔者认为,仅从经济成本角度看,目前条件下,大规模开发利用油页岩资源不具备条件。首先,油页岩原位开采技术尚不成熟^[4],如壳牌原位转化(ICP)工艺、斯伦贝谢/Raytheon-CF 的临界流射频技术和 EGL 公司原位开采技术目前均在试验测试阶段,壳牌 ICP 技术虽然走到其他公司的前列,也仅仅是现场试验成功,原位开采技术尚未见到商业运用成功的报道。其次,低温干馏技术提炼页岩油成本太高,大多数矿区不具备经济可行性。至今所有的页岩油生产都是在地下开采出油页岩,然后在地面干馏炉中进行处理^[4]。在一般条件的矿区,按矿石含油率 7%,干馏油收率 65%计算,提炼 1 t 页岩油约需矿石 22 t,地下采矿成本按 200 元/t 计算,仅矿石就需 4400 元。据笔者在抚顺石油二厂的调研数据,矿石干馏加工成本约 35 元/t,干馏成本 770 元,总计 1 t 页岩油直接成本不低于 5170 元,远高于目前原油价格,只有原油价格达到 150 美元/桶时,生产页岩油才有利可图,否则亏损在所难免。例如 1988 年,广东茂名生产每吨页岩油耗标准油页岩 32.19 t,油收率 60.57%,当年产页岩油 10.22 万吨。生产每吨原油的成本达 485.51 元,按页岩原油售价 157.5 元/t(产品税金免交)算,当年亏损 3351.34 万元,每吨页岩油亏损 328 元。再次,利用油页岩发电,由于多数油页岩含油品位不高,需喷油助燃,不经济。

此外,油页岩的开发利用会造成很多环境问题。一是占用大量土地,无论地下开采还是露天开采油页岩资源都会占用大量土地,甚至造成地表沉降、采空区地面塌陷、山体滑坡、泥石流、水土流失、植被破坏等。二是易引发次生灾害,矿山排放的矸石、废渣常堆积在山坡或沟谷内,这些松散物质在人为因素或暴雨诱发下极易发生崩塌、滑坡、泥石流等,使道路及生产、生活设

施遭受严重破坏,并造成人员伤亡和财产损失.三是灰渣的污染不可避免^[5],通过直接开采得到的油页岩用于提炼页岩油或直接燃烧,这一过程中会产生大量灰渣,严重污染环境.例如生产 1 吨页岩油会产生页岩灰或半焦等废渣 20~30 t,其中有含硫、含氮等化合物,并可能含有微量的 Pb、Cd 等有毒元素,固体废物大量外排堆存,不仅占压土地,还有二次污染.四是空气污染问题,利用油页岩炼油和发电的干馏炉、锅炉、烟囱、凉水塔等散发的气体,均可能含有不同数量的硫化氢、吡啶、芳烃等有害成分,排放到空气中必然严重污染环境.因此油页岩开发利用过程中的尾矿污染、水污染、废气污染的治理成本开销无疑是巨大的.此外,我国优质油页岩主要集中在中深层,传统工艺对于中深层油页岩的开发由于开采成本的提高,变得没有经济效益.

油页岩工业发展史表明,在低油价时代,页岩油的生产成本无法与开采石油天然气竞争,经济效益上处于劣势.就是在爱沙尼亚^[4],开发利用高品位的油页岩资源也仅能勉强维持其油页岩工业的生存.这也是世界各国的页岩油生产处于低潮甚至停顿的根本原因.即使在今天高油价的条件下,因我国油页岩含油品位不高,土地资源相对稀缺,人口对环境的压力巨大,因此也不具备大规模开发利用油页岩的基本条件.

在未来的若干年内,油页岩还不可能替代石油、煤炭在燃料市场上的地位,但作为能源或部分接替石油

资源的一种有效补充,同时作为油页岩资源开发利用技术的战略储备,在条件有利的矿区进行小规模开发利用和工艺技术研究,对保证我国未来能源安全、推动国民经济发展还是具有一定意义的.

5 结束语

油页岩这种资源量巨大的非常规油气资源,其潜在的利用价值和经济价值近年来正日益受到重视,大有“东山再起”的迹象,但在目前采用传统的采矿工艺和干馏工艺为主,先进的地下热解工艺技术尚不成熟的情况下,大规模开发利用油页岩必将付出巨额的资金成本和环境破坏的代价,因此还不具备大规模开发利用的条件.

参考文献:

- [1]梁增英,陈文仲,王春华,等.油页岩开发与利用的可行性研究[J].工业炉,2008,30(2):10—13.
- [2]车长波,杨虎林,刘招君,等.我国油页岩资源勘探开发前景[J].中国矿业,2008,17(9):1—4.
- [3]汶锋刚,朱冠芳.世界油页岩生产技术进展[J].国外油田工程,2009,25(1):1—3.
- [4]陈会军,刘招君,朱建伟,等.油页岩资源开发利用经济评价[J].地质与资源,2011,20(1):53—54.
- [5]方朝合,郑德温,刘德勋,等.油页岩原位开采技术发展方向及趋势[J].环保与洁净煤,2009(2):77—80.