

Global Oil Shale Development Technology and Its Application Analysis in Xinjiang, China

Cheng Gao, Chuanxiang Sun, Jianzheng Su, Qiulian Long

Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing
Email: gaocheng.syky@sinopec.com

Received: May 19th, 2017; accepted: Jun. 6th, 2017; published: Jun. 9th, 2017

Abstract

Being one of the largest potential alternative energy resources to conventional oil, oil shale has appealed more and more attentions. Oil shale resources in Xinjiang are very rich, especially in the Junggar Basin. In addition, according to China's "One belt, One road" initiatives, Xinjiang is not only the key economic area, but also the bridgehead of China's energy security. It has huge practical significance and strategic value to investigate and develop oil shale in Xinjiang. This paper illustrates latest oil shale *in-situ* retorting technologies and explores the basic features of oil shale in Xinjiang. It is believed to provide guidance and encourage new ideas to develop oil shale resources in Xinjiang.

Keywords

One Belt, One Road, Energy Security, Oil Shale *in-Situ* Retorting

国际油页岩开发技术现状及新疆开采可行性分析

高 诚, 孙川翔, 苏建政, 龙秋莲

中国石化石油勘探开发研究院, 北京
Email: gaocheng.syky@sinopec.com

收稿日期: 2017年5月19日; 录用日期: 2017年6月6日; 发布日期: 2017年6月9日

摘 要

油页岩作为石油资源的有效补充, 受到越来越多的关注。新疆的油页岩资源十分丰富, 准葛尔盆地是我

国三大含油页岩盆地之一。而在“一带一路”的战略规划中，新疆作为经济核心区，是我国能源安全的桥头堡。调查研究和开发利用油页岩有着十分重要的实际意义和战略价值。本文调研了油页岩原位开采技术现状，探讨了新疆地区油页岩的资源评价和基本特征，为新疆地区油页岩的开发应用提供新的途径和思路。

关键词

一带一路，能源安全，油页岩原位开采

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

油页岩是一种非常规油气资源，因其储量丰富且具有开发利用的可行性而被列为 21 世纪石油的补充能源。油页岩(Oil Shale)又称油母页岩，是一种高灰分的含可燃有机质的沉积岩，含油率在 3.5%~30% 之间，和燃煤的主要区别是灰分含量超过 40%，发热量大于 4 kJ/kg。油页岩的应用范围非常广泛，油页岩经过干馏可以得到页岩油(Shale Oil)，可以冶炼制成汽油、柴油等燃料成品。同时，油页岩还可以直接燃烧发电，且燃烧后的灰渣可以经过二次加工制作建筑材料或道路路基等。

中国油页岩含量资源十分丰富，资源量位居世界第四，技术可采量位居世界第三。中国是能源生产与能源消费大国，中国社会经济发展的基础在于能源供应的充分保障。根据美国能源信息署(EIA)的预测，2040 年中国的能源需求总量将是美国和印度的总和[1]。随着石化能源的不断枯竭、国际地缘政治的不稳定以及能源消费量的增长，我国的能源安全面临着巨大挑战。因此，在常规石油供给不足时，油页岩作为一种非常规油气资源将是重要的油气补充资源。新疆油页岩主要分布在准葛尔盆地、柴达木盆地以及克拉玛依的广大地区，这表明新疆油页岩资源潜力巨大。

新疆是我国实施“一带一路”战略规划的核心经济区和战略高地，也是保障中国能源安全的桥头堡。因此，新疆油页岩的勘探开采急需可行性调研和技术储备。本文调研了油页岩原位开采技术现状，探讨了新疆地区油页岩的资源评价和基本特征，为新疆地区油页岩的开发应用提供新的途径和思路。

2. 油页岩原位开采技术现状

在探明的油页岩中，有很大一部分资源埋藏较深(500 m 以下) [2]，很难使用露天或巷道式进行开采。同时，由于油页岩的地面干馏过程会排出大量有害气体和人体可吸入颗粒，污染空气和水资源，因此人们把研究重点集中在油页岩地下干馏技术方面。所谓油页岩地下干馏技术是一种将热量直接导入油页岩储层，通过对储层内的油页岩进行加热从而获取有机热解产物的技术方法。根据油页岩加热方式的不同，将油页岩原位开采技术分为电加热技术、对流加热技术和射频加热技术。

2.1. 电加热技术

2.1.1. 埃克森 - 美孚公司 Electrofrac TM 技术

如图 1 所示，该技术是向油页岩储层铺设一系列相互水平的水平井，然后利用水平井对储层进行水力压裂，并向裂隙中填充导电物质，形成一系列的电加热单元[3]。通过这种电加热的方式把热量传递给

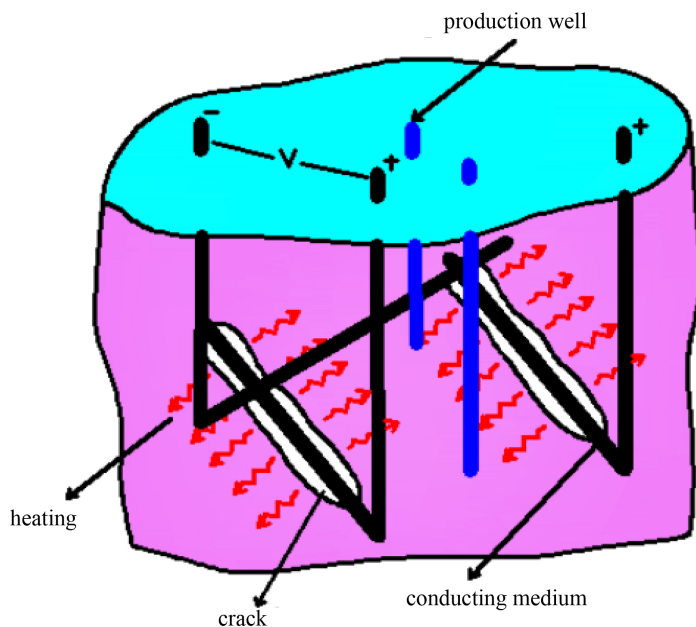


Figure 1. Technology schematic of Electrofrac TM, Exxon Mobil
图 1. 埃克森-美孚公司 Electrofrac TM 技术原理示意图

油页岩储层，使其发生有机质热解反应，裂解产物会随着渗流通道被开采至地面。

2.1.2. 壳牌公司 E-ICP 技术

E-ICP 技术[4]在油页岩储层以正六边形的排列方式布置加热井群，在正六边形的中心设置生产井，如图 2 所示。其工艺流程是：首先建立冷冻墙，目的是防止地下水进入加热区域导致加热后产生油气泄漏；其次是通过电加热器对油页岩层进行加热，需要指出的是电加热器是一种耐高温硫化和耐低温电偶腐蚀以及具有较高蠕变温度性能的裸电极加热棒组成。目前，该技术正在进行现场试验阶段，整个加热时期约为 5 年。

2.2. 对流加热技术

2.2.1. 雪佛龙 CRUSH 技术

如图 3 所示，CRUSH 技术首先利用碎石化技术(爆破的方式)将油页岩储层的岩石破碎成不连续的岩石块，然后通过压缩机将过热的水蒸气或超临界 CO_2 注入地层进行加热，将油页岩热解转化为油气，并通过生产井采出收集[5]。

该技术的优点是可以将油页岩储层的渗透率提升，并增大了储层间的连通性，从而使得油页岩储层的加热速度更快，更均匀。同时，通过分层将油页岩层碎石化处理可以对油页岩资源进行整体有效的开发利用。令人遗憾的是，该项技术至今没有开展真正意义上的现场试验。

2.2.2. 美国页岩油公司 CCR 技术

如图 4 所示，该技术将热传导、热对流和回流方法结合的工艺开采油页岩。在油页岩储层设置两个水平井，上部为生产井，下部为加热井。通过集中加热页岩盖层下的油页岩层，油页岩热解产生页岩油中的轻质组分受热上浮，遇生产井冷凝，并流出地层。剩余热量通过回流又被分散到储层中。

这种将热传导和热对流两种换热方式结合的开发工艺能够有效提高加热效率，从而缩短开发的预备周期。

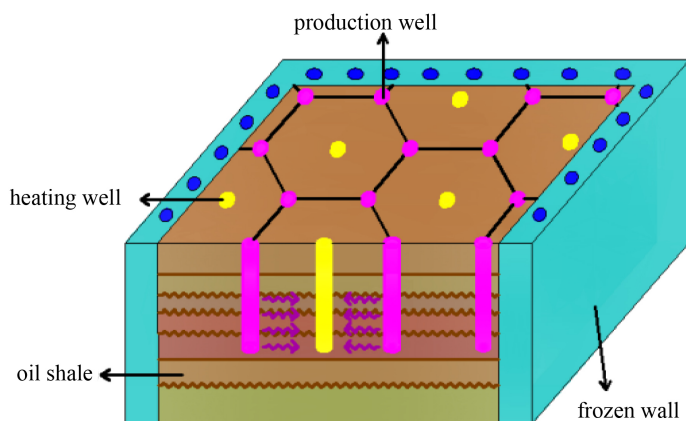


Figure 2. Technology schematic of E-ICP, Shell
图 2. 壳牌公司 E-ICP 技术原理示意图

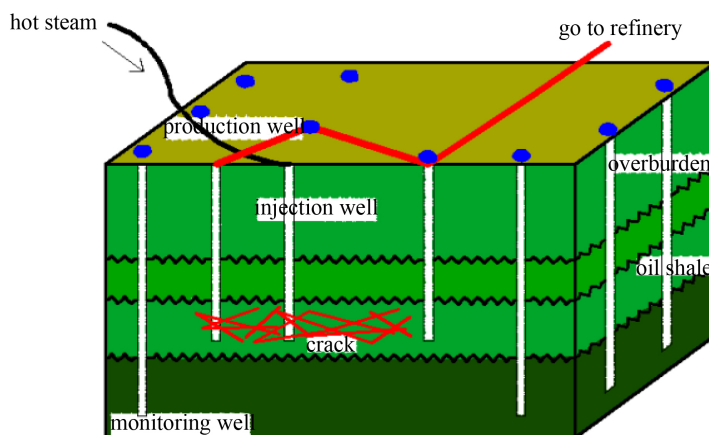


Figure 3. Technology schematic of CRUSH, Chevron
图 3. 雪佛龙 CRUSH 技术原理示意图

2.3. 射频加热技术

2.3.1. 劳伦斯·利弗莫尔国家实验室射频技术

劳伦斯·利弗莫尔国家实验室提出利用垂直组合无线射频方式加热油页岩的方法(如图 5 所示), 无线射频由于具有很强的穿透能力和很大的加热功率, 能够有效克服油页岩内部热量传导速度较慢的缺点, 提高加热效率, 同时容易控制加热过程。因此, 此项技术受到广泛关注。

2.3.2. Raytheon 公司的 RF/CF 技术

如图 6 所示, 该技术使用射频与超临界 CO_2 来加热储层内的油页岩使其达到裂解温度, 并将裂解产生的油、气被 CO_2 驱替至生产井中。产物中的 CO_2 被分离并重新压缩加热至超临界状态油页岩储层中。

相比其他原位开采技术, 需要对油页岩储层进行持续加热 3~5 年的时间才可以产出, 该技术可以在短短的几个月的时间内就可产出油气。

3. 新疆油页岩总体特征

3.1. 新疆准葛尔盆地油页岩特征

准葛尔盆地油页岩储层呈曲线形带状分布与盆地之中, 王东营等人[6]研究发现该处储层带至西向东

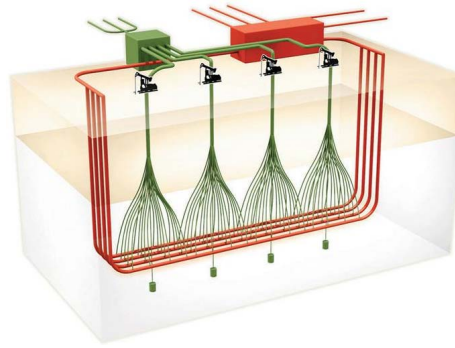


Figure 4. Technology Schematic of CCR, Shale Oil Company, USA
图 4. 美国页岩油公司 CCR 技术原理示意图

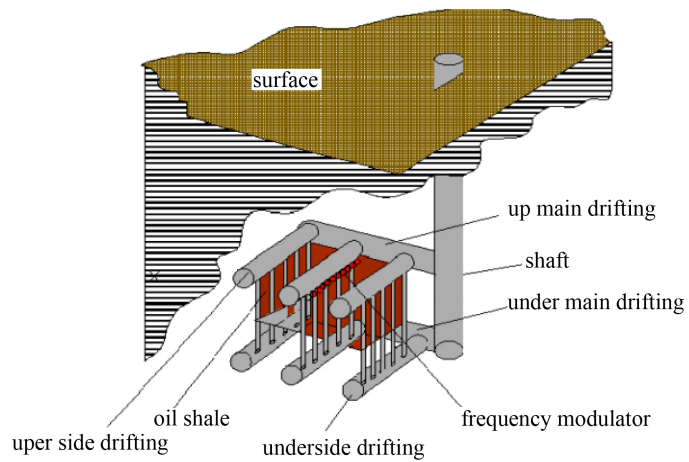


Figure 5. Technology Schematic of RF, LLNL
图 5. 劳伦斯·利弗莫尔国家实验室射频技术原理示意图

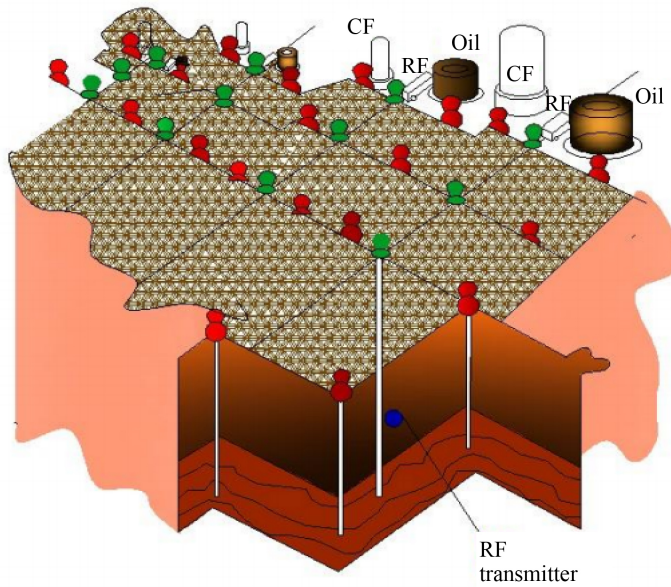


Figure 6. Technology Schematic of RF/CF, Raytheon Company
图 6. Raytheon 公司 RF/CF 技术原理示意图

分布于乌鲁木齐妖魔山与奇台白杨沟之间,长 143 km,宽 10~20 km。该处油页岩含油率 5%~10%之间,以三工河和韭菜园子矿床的储量最为丰富,分别是 44×10^8 t 和 37×10^8 t,是进一步勘探开发的有利地区。

李婧婧等人[7]利用热解气相色谱仪对新疆大黄山油页岩储层的油页岩产油品质进行了研究,结果表明:该地区的油页岩的产出油中,大部分为高蜡、石蜡基原油,正构烃含量为 89.5%,与美国绿河地区的页岩油品质相当。

赵林等人[8]则利用热重分析法研究了新疆吉木萨尔地区的油页岩矿区的油页岩产油品质和热解过程。研究表明:相比中国其他地区的油页岩,新疆油页岩的矿物质含量较少,且热解过程时间短、热解所需温度为 500°C 等优点。

3.2. 油页岩的开发利用

油页岩的利用主要有两个方面:直接燃烧发电(产生的灰渣可以作为建筑材料)、干馏产油。李丹梅等人[9]研究发现新疆油页岩含油率最高可至 28%,平均含油率为 8%,高于我国油页岩整体水平。同时,需要指出的是新疆油页岩是低热值燃料,因此用于燃烧不但效率低,而且由于其灰分含量较高,也会造成较大污染。

因此,结合新疆油页岩的特点,对其进行原位开采既可以避免地面干馏产油带来的环境和水资源的污染,还可以有效利用产出油气。

4. 结论

1) 新疆作为我国“一带一路”战略规划的核心区域,基础设施和交通设施的建设也会迎来空前的发展。新疆在为东部地区输送能源的同时,其自身的能源需求也会增长。因此,储量丰富的油页岩可作为未来新疆重要的替代能源。

2) 现有的油页岩原位开采技术种类繁多,各有利弊。因此在油页岩原位开采方案规划应遵循以下原则:

a) 贫富油页岩矿应综合开发利用,避免滥采浪费的现象。不同的开发阶段,应该采用不同的技术手段;

b) 开发时,应综合考虑经济、环保等社会效益,形成一套完整的开发优化体系;

c) 拓展油页岩的应用范围,提升油页岩的利用效率,是油页岩开未来工作的重点和研究方向。

参考文献 (References)

- [1] OECD (2014) World Energy Outlook 2014. IEA, World Energy Outlook, Paris.
- [2] 薛华庆, 杜发平, 徐文林. 油页岩电加热原位开采技术研究进展[J]. 天然气技术, 2010, 4(1): 18-20.
- [3] Tanaka, P.L., Yeakel, J.D., Symington, W.A., *et al.* (2011) Plan to Test Exxon Mobil's *in Situ* Oil Shale Technology on a Proposed RD&D Lease. 31st Oil Shale Symposium, Colorado, 17-21 October 2011.
- [4] Harold, V. (2006) Shell's *in-Situ* Conversion Process. 26th Oil Shale Symposium, Colorado, 16-19 October 2006.
- [5] 汪友平, 王益维, 孟祥龙, 苏建政, 龙秋莲, 高媛萍. 流体加热方式原位开采油页岩新思路[J]. 石油钻采工艺, 2014, 36(4): 71-74.
- [6] 王东营, 汤达祯, 苟明福, 王烽, 陶树, 高冠峰. 准噶尔南缘阜康地区芦草沟组油页岩地质特征[J]. 中国石油勘探, 2007, 18(6): 18-25.
- [7] 李婧婧, 汤达祯, 许浩, 王东营, 陶树, 周传祯, 高冠峰. 淮南大黄山芦草沟组油页岩热解气相色谱特征[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(6): 674-679.
- [8] 赵林, 杨栋, 康志勤, 赵阳升. 过热蒸汽对流加热油页岩产气规律研究[J]. 太原理工大学学报, 2015, 46(3): 323-326.
- [9] 李丹梅, 汤达祯, 杨玉凤. 油页岩资源的研究、开发与利用进展[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(6): 657-661.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org