

干热岩辅助采油可行性研究

王学忠

(中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司新疆勘探开发中心,山东东营 257000)

[摘要] 为降低稠油热采成本,以燃烧原油生产蒸汽进行热力开采的开发方式需要改变,同时需要减少注入水对油层造成的冷伤害,因此开展了干热岩辅助采油可行性研究。干热岩辅助采油技术是利用干热岩抽取地下热能加热油层,以降低原油粘度、提高原油流动能力。在技术配套方面,无论钻深井,还是稠油热采技术,都是成熟的。干热岩的热能源于核幔边界的地热,分布广泛、清洁、可再生。研究表明,干热岩辅助采油技术针对性较强,是对现有蒸汽吞吐+蒸汽驱热采技术的有效继承,技术上具有可行性,并有可能推动相关技术的发展,符合中国节能减排的基本国策。建议在有利区块率先开展先导试验。

[关键词] 干热岩辅助采油;冷伤害;热采稠油;热水驱;水热裂解

[中图分类号] TE345 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)03-0104-03

1 前言

多数高粘稠油由常规原油在储层中经受地下水冲刷、轻质组分损失、无机氧化等多种作用导致原油的密度和粘度增加后演变而成。稠油开发,特别是稠油输送比较困难,往往使开发成本、输送成本飙升。降低稠油开发与输送成本、提高其最终采收率是稠油油田开发工作者长期面临的难题。为此,人们想了许多办法,其中,以燃烧原油生产蒸汽进行热力开采最为普遍,但这种方式目前遇到了保护环境、油价走高、能源开源节流的挑战,急需改进和寻求新的开采方法。

此外,注入水温度低于油层温度造成的冷伤害已经严重影响到原油采收率的提高^[1-3]。笔者统计,孤东油田馆陶组注水单元测压过程中得到的3400个油层温度数据,统一折算到馆陶组油层中,深1350m,发现其原始地层温度为66.0℃,经过24年注水开发,目前油层温度为62.3℃,比开发初期下降了3.7℃。2006年与2003年相比,地层温度下降了0.81℃。与之对应,孤东油田馆陶组地面原油粘度逐渐增加,开发初期平均为874 mPa·s,开

发中后期为1067 mPa·s,目前为1874 mPa·s。长期剧烈的冷伤害导致储层孔喉胶结物和骨架矿物破碎,加剧了大孔道窜流^[4],使剩余油分布更加零散,注水开发效果变差。有效对策是提高注入水温度,当务之急是解决热水来源问题。

调研发现,干热岩是一种埋藏在3000~6000m的地层深处、温度为200~600℃、没有水或蒸汽的热岩体^[5]。1974年,美国Los Alamos实验室在芬顿山钻打了一口3050m深井,开始利用干热岩^[6]。干热岩开发作为一种不受地域限制的再生清洁能源,目前主要用于发电。能否利用干热岩辅助采油呢?围绕降低产生热水和蒸汽的费用,提高注入温度,笔者开展了干热岩辅助采油可行性研究。

2 可行性研究

2.1 方法原理

胜利油田技术人员物理模拟试验证实,热水驱能够明显提高采收率^[7]。只要注入水的温度高于油层和原油温度,就会明显改善稠油井开采效果,提高采收率。干热岩辅助采油利用压裂干热岩,在高

[收稿日期] 2009-11-27

[基金项目] 中国石油化工股份有限公司重大科技攻关项目(P07055)

[作者简介] 王学忠(1972—),男,山东邹平县人,高级工程师,硕士,从事油田开发研究;E-mail:wxzlywlt@sina.com

温岩体中造出人造裂隙,连通地下网络,便可以从一口井注入冷水,从另一口井中产出高温流体了,用于加热油层,降低原油粘度、提高原油流动能力。

2007年,科学家推算出地幔与地核交界处的温度为3 500℃以上^[8],这就是干热岩的热力来源。1988年日本1口1 800 m的干热岩井,井底花岗岩温度为250℃,往一口井里注水,100~180℃的热水就从35 m以外的另一口井中采出来。干热岩分布广泛,油层以下均有干热岩,按照地温梯度34℃/km推算,地温200℃对应的深度为6 000 m。提倡优先选择地温梯度和热流值高的地方钻打干热岩。从岩石物理性质考虑,尽量选择密度大、热传导率高的岩石,如选择花岗岩。

2.2 技术实施的可行性

开采干热岩需要在坚硬的岩体上钻深井和制造一个可使液体在里面循环的人造的热交换断裂层构造。实现干热岩热交换系统,主要有人工高压裂隙、天然裂隙、天然裂隙-断层三种模式^[9]。

目前,中国在注水开发、稠油热采、深井钻井方面技术成熟,石油行业具有开发利用干热岩地热能的有利条件和技术优势,为干热岩热水采油提供了便利条件。干热岩技术已经在国内外深井采油中得到了实质应用,只是尚未系统研究其作用机理和影响因素。干热岩辅助采油在具体技术上已经成龙配套,而且大幅度降低稠油地下原油粘度的机理研究也已非常透彻,主要努力方向就是在提高降低原油粘度幅度上下大工夫,注重降低技术成本。

大陆地壳平均厚度为33 km,地幔厚度约2 865 km,主要由致密的造岩物质构成,这是地球内部体积最大、质量最大的一层。干热岩最深的钻井深度只有10 km,因此,不必担心干热岩辅助采油造成地质灾害。此外,通过及时注水补充,不会因地层亏空而造成地层沉降。

2.3 干热岩辅助采油的优势

一是原油比地热资源附加值高,用途更广泛;二是原油比地热资源便于运输,类似于山西发展煤电,既方便了运输,扩大了应用范围,又提高了经济效益;三是干热岩辅助采油原理简单、易于实现,且省时、省力、省钱,安全、节能、环保,因而应用前景广阔。

2.4 干热岩辅助采油技术关键点

尽量减少井筒、地面各环节的热损失,配合水平井注汽等先进成熟工艺,提高注入温度。同时,干热

岩辅助采油技术要与提高剩余油识别^[10]、大孔道识别紧密结合起来,提高有效注水,降本增效。同时尽量缩短注水流程长度,尽可能减少沿途热损失。2009年,深层地热工程化技术被确定为中国能源技术发展的方向,随着世界各国对洁净能源需求的增长,将会更多地使用干热岩。

2.5 干热岩有助于实现水热裂解

刘永建教授研发了水热裂解开采稠油新技术^[11],通过向油层加入适当的稠油水热裂解催化剂,使稠油在水热条件下实现部分催化裂解,降低了粘度,这是一个很好的攻关方向。制约水热裂解降粘的瓶颈是反应温度在240℃左右,目前注水、注汽技术尚难以实现,而应用于干热岩驱油技术大幅度提高了注入水温度,有助于实现井下水热裂解。

2.6 干热岩改善低渗透油藏开发效果

最近,笔者综合在大孔道研究和干热岩研究方面的成果,提出利用干热岩改善低渗透油藏开发效果的技术构想。其原理基于这样的认识,制约低渗透油藏高速高效开发的主导因素不是低渗透,而是在油层中构造出高导流能力的流动通道,通过人工措施造缝,提供快速油流通道非常可行。制约低渗透油藏开发的重要原因是天然裂缝不发育,流动渠道不畅通,注不进,采不出,能够制造裂缝,必然增产。一方面,利用干热岩的高温发挥了热水驱提高驱油效率的作用;另一方面,当冷水遇到干热岩,恰恰是冷伤害机理对储层进行了改造,产生了许多次生裂缝,成为重要的油流通道,从而增加了产能。因此,向深层注冷水极有可能改善低渗透油藏开发效果。

3 结语

1) 围绕降低稠油热采成本和注入水冷伤害,开展了干热岩辅助采油可行性研究。利用干热岩来抽取的地下热能加热油层,来降低原油粘度、提高原油流动能力。干热岩的热能源于核幔边界的地热,分布广泛。在技术配套方面,无论钻深井,还是稠油热采技术,都是成熟的。

2) 研究表明,干热岩辅助采油技术针对性较强,是对现有蒸汽吞吐+蒸汽驱热采技术的有效继承,技术上具有可行性,并有可能推动相关技术的发展,符合中国节能减排的基本国策。建议在有利区块率先开展干热岩辅助采油先导试验,开展经济可行性和工程实施可能性研究。

参考文献

- [1] 俞启泰. 俞启泰油田开发论文集[M]. 北京:石油工业出版社, 1999:129-135.
- [2] 刘慧卿,黄少云,毕国强. 北小湖油田油层冷伤害实验研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2001,25(5):45-47.
- [3] 周守为. 海上油田高效开发技术探索与实践[J]. 中国工程科学,2009,11(10):55-60.
- [4] Wang Xuezhong, Wang Jianyong, Wang Chuanfei. Quantitative description of characteristics of high-capacity channels in unconsolidated sandstone reservoirs using in situ production data[J]. Petroleum Science,2010,7(1):106-111.
- [5] 李虞庚,蒋其垲,杨伍林. 干热岩地热能及其开发利用问题[J]. 地热能,2007,(5):3-12.
- [6] 杨吉龙,胡克. 干热岩(HDR)资源研究与开发技术综述[J]. 世界地质,2001,20(1):43-51.
- [7] 王学忠,王建勇. 利用地热资源进行热水驱油的技术研究[J]. 中国地质,2009,36(4):885-891.
- [8] 郑克焱. 中国地热勘查开发100例[M]. 北京:地质出版社, 2005:204.
- [9] 王红岩,李景明,赵群. 中国新能源资源基础及发展前景展望[J]. 石油学报,2009,30(3):469-474.
- [10] 王学忠,曾流芳. 孤东油田挖潜剩余油实用技术应用效果评价[J]. 石油勘探与开发,2008,35(4):467-475.
- [11] 刘永建,钟立国,范洪富. 稠油的水热裂解反应及其降粘机理[J]. 大庆石油学院学报,2002,26(3):95-98.

Feasibility study on hot dry rock assisted oil recovery technique

Wang Xuezhong

(Xinjiang Exploration & Exploitation, Shengli Oilfield Company,
Sinopec, Dongying, Shandong 257000, China)

[Abstract] For reducing heavy oil thermal cost, development scheme such as producing steam by burning crude oil to achieve heavy oil need to change. Also we need to reduce formation damage, so we launched hot dry rock(HDR) assisted oil recovery feasibility study. HDR assisted oil recovery extracted heat reservoir of underground thermal energy by hot dry rock to reduce oil viscosity and improve oil mobility. The technical support facilities regardless of drilling deep or heavy oil thermal recovery technologies are mature. HDR heat from geotherm in core-mantle boundary, were widely distributed, clean and renewable. Studies have shown that hot dry rock assisted oil recovery technology had strong pertinence and effectively inherited cyclic steam injection and steam drive technology, and technically feasible. So it may promote the development of related technology and is in line with China's basic national policy of saving energy and emission reduction. It is advised that hot dry rock assisted oil recovery pilot test should be carried out firstly in the favorable block.

[Key words] hot fry rock assist oil recovery; damage by cold water; thermal heavy oil; hot water injection; aquathermolysis