

砂岩和砂砾岩对火驱燃烧前缘和产出物的影响

李家燕, 潘竞军, 陈 龙, 王如燕

(中国石油新疆油田分公司 工程技术研究院, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要:为了更好地分析储层岩性对火驱燃烧的影响,提高火驱采收率,必须明确火驱前缘推进机理和产出物中组分变化情况。采用一维火驱模拟模型,研究砂岩和砂砾岩在不同注气压力或注气流量下,对火驱前缘推进距离、推进速率和最高温度的影响,以及产出液、产出气、残余油砂含量和组分的变化规律。实验结果表明,随着注气流量和压力的增加,砂砾岩中火驱前缘推进距离比砂岩中远,而推进速率和最高温度则较砂岩中低;较低注气压力或注气流量除外,其余注气压力或注气流量下,砂砾岩中产液量和产油量均比砂岩中大,且砂砾岩产出液中低碳数饱和烃相对比例较高,砂岩产出液中高碳数饱和烃相对比例较高;当注气压力小于2.0 MPa时,砂岩中产出液的芳香烃相对比例较高,而注气压力大于2.0 MPa时,砂砾岩中产出液的芳香烃相对比例较高;流量实验时,砂砾岩中产出液的芳香烃相对比例较砂岩中高;由元素分析法和红外光谱分析法实验结果可知,砂砾岩残余油砂中的有机元素含量更高,砂砾岩中胶质和沥青质更容易被驱出。综合考虑各种因素,砂砾岩储层比砂岩储层更适合开展火驱采油。

关键词:火驱机理 砂岩 砂砾岩 火驱前缘 产出物

中图分类号:TE357.41

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2016)04-0076-06

Effect of sandstone and glutenite on the front of in-situ combustion and its output

Li Jiayan, Pan Jingjun, Chen Long, Wang Ruyan

(Research Institute of Engineering Technology, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay, Xinjiang, 834000, China)

Abstract: In order to analyze the effect of lithology on in-situ combustion better and to improve its recovery efficiency, advance mechanism of in-situ combustion front and composition changes of output must be understood clearly. One dimensional simulation model of the in-situ combustion was applied to study the effect of sandstone and glutenite on front advance distance, front advance rate and peak temperature of the in-situ combustion under different gas injection pressures or gas injection flow rates, as well as the content and composition of produced liquid, gas and residual oil sands and their variation patterns. The results show that as the gas injection flow rate and pressure increased, the front advance distance in the glutenite is longer than that in the sandstone, while its advance rate and peak temperature is lower than that in the sandstone; liquid and oil produced from the glutenite is more than those from the sandstone, and except under lower pressure or flow rate, the proportion of low-carbon number saturated hydrocarbon in the produced liquid of the glutenite is relatively high, while that of high-carbon number saturated hydrocarbon in the produced liquid of sandstone is relatively high. When the gas injection pressure is below 2.0 MPa, the proportion of aromatic hydrocarbon in the produced liquid of the sandstone is relatively high, while that of aromatic hydrocarbon in the produced liquid of the glutenite is relatively high when the gas injection pressure is above 2.0 MPa. In flow experiment, the proportion of aromatic hydrocarbon in the produced liquid of the glutenite is higher than that in the produced liquid of the sandstone. Experiment results of elemental microanalysis and infrared spectra analysis show that organic element content of the residual oil sands in the glutenite is higher, and colloid and asphaltine is more likely to be driven out of the glutenite. Considering various factors, glutenite reservoir is more suit-

收稿日期:2016-04-18。

作者简介:李家燕(1984—),女,四川内江人,工程师,硕士,从事采油工艺研究工作。联系电话:13689969635, E-mail: fcljyan@petrochina.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项“火烧驱油技术研究与应用”(2011ZX05012-002)。

able than sandstone reservoir for the in-situ combustion.

Key words: in-situ combustion; mechanism; sandstone; glutenite; in-situ combustion front; output

火驱是继蒸汽吞吐、蒸汽驱之后的热力开采技术,其驱油效果已被广泛承认^[1-4]。火驱具有热利用率高、采收率高、能耗低和对环境污染小等明显的技术优势^[5-7]。目前,对火驱机理的相关研究取得了一定的认识^[8-12],主要包括岩矿的物理化学变化、岩石孔渗性及粘土矿物、矿物元素等变化规律,火驱燃烧前缘(简称火驱前缘)影响因素研究,以及烃类对燃烧效果的影响。关于火驱前缘稳步推进的差异性和储层岩性对燃烧产出物的影响未见公开报道。为此,利用实验室配制的不同岩性样品,开展火驱模拟燃烧实验,分析不同燃烧条件下储层岩性对火驱前缘和产出物的影响,以期为进一步研究火驱燃烧机理提供理论依据。

1 实验器材与方法

实验模型 采用一维火驱燃烧模拟模型,其由注入系统、一维岩心管、油藏模拟点火系统、数据采集系统和气液收集系统等5个部分组成。其中一维岩心管沿程均匀分布热电偶,两端各有1个压力传感器,用于检测火驱过程中的温度和压力;点火系统中的加热器可根据设定温度自动控制加热,用于模拟地层温度,构建实验初始温度场。实验模型具有注入气量可调、点火系统耐高温高压、岩心管沿程可测定多个温度点和压力以及加热器可自动控制温度等特点。

实验方法 在预热温度为270℃的条件下,以粒度配比为6~30目的1000g油砂和小于30目的100g岩矿为样品,基体岩矿分别为砂岩和砂砾岩,考察注气流量和注气压力对火驱前缘推进距离、推进速率和最高温度,以及岩性对产出物质量和原油组分的影响。注气压力分别为0.8,2.0,3.0和4.0 MPa,注气流量分别为1.0,1.5,2.0,2.5,3.0和3.5 L/min。为防止油层未点燃前氧化结焦,在火驱燃烧实验前,先向模型中注入氮气,逐渐提高其注入速度,直至点火系统中点火器周围区域达到预热温度,再改注空气,实现层内点火。具体实验步骤主要包括:①向注入系统中注入不同气量的氮气(或空气),模拟油藏条件对岩心进行加热点火,同时测定温度和压力,收集火驱燃烧后的产出液、产出气和油砂产物。②每一组实验结束后,均向火驱燃烧模拟模型中改注氮气,熄灭已燃油砂,并迅速冷却,

取出岩心管,将岩心管中油砂进行取样,便于后续岩矿、流体的分析。

2 储层岩性对火驱前缘的影响

2.1 火驱前缘推进距离

由图1可知:在注气流量为2.5 L/min的条件下,改变注气压力,对于砂砾岩和砂岩,火驱前缘推进距离均随注气压力增加出现波动,但砂砾岩在注气压力增至4.0 MPa时推进到末端,而砂岩的火驱前缘仅推进到300 mm处;在注气压力为2.0 MPa的条件下,改变注气流量,对于砂砾岩和砂岩,随着注气流量的增加,火驱前缘推进距离均出现波动,且变化趋势基本相同,当注气流量为2.5 L/min时,火驱前缘均推进到末端,随后砂砾岩稳步推进至末端,而砂岩的火驱前缘只推进到300 mm处。在注气压力和流量相同的条件下,总体来说,砂砾岩中火驱前缘推进距离比砂岩中远,且砂砾岩中火驱前缘随注气压力和注气流量增加最终均可推进至末端。

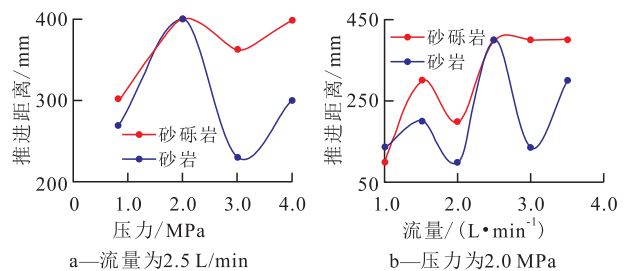


图1 不同注气压力和流量下砂岩与砂砾岩火驱前缘推进距离

Fig.1 Advance distance of in-situ combustion front in the sandstone and the glutenite at various gas injection pressures and flow rates

2.2 火驱前缘推进速率

分析图2发现:在注气流量一定(2.5 L/min)的条件下,砂砾岩中火驱前缘推进速率在不同注气压力下的变化趋势较砂岩中稳定,当注气压力由0.8 MPa升至2.0 MPa时,火驱前缘推进速率随注气压力增大而快速降低;随着注气压力的进一步增大,火驱前缘推进速率变化不大,最终降至0.03 mm/s左右。在注气压力一定(2.0 MPa)的条件下,火驱前缘推进速率在砂岩和砂砾岩中均有波动,对于砂砾岩,当注气流量小于2.5 L/min时,火驱前缘推进速率随着注气流量增加而降低,当注气流量大于2.5 L/min时,其随着注气流量的增加而增大;对于砂

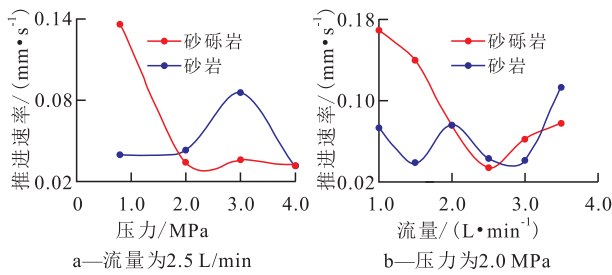


图2 不同注气压力和流量下砂岩与砂砾岩火驱前缘推进速率

Fig.2 Advance rate of in-situ combustion front in the sandstone and the glutenite at various gas injection pressures and flow rates

岩,火驱前缘推进速率随注气流量增大则呈波浪式变化。

2.3 火驱前缘最高温度

根据油藏数值模拟结果可知,火驱前缘温度能够维持在 450~550 °C 为最佳状态^[13-15]。从注气压力变化看,砂砾岩和砂岩的火驱前缘最高温度均能够达到矿场试验的理想温度,但砂砾岩在注气压力小于 3.5 MPa 时的火驱前缘最高温度明显低于砂岩;而注气流量的变化使砂岩中的火驱前缘最高温度波动较大,砂砾岩中的火驱前缘最高温度则相对稳定(图3)。

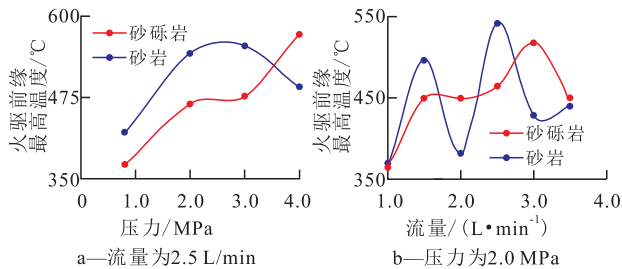


图3 不同注气压力和流量下砂岩与砂砾岩火驱前缘最高温度

Fig.3 Peak temperature of in-situ combustion front in the sandstone and the glutenite at various gas injection pressures and flow rates

3 岩性对产出物质量和组分的影响

3.1 产液量及产油量

从总体趋势上看,在注气流量为 2.5 L/min 的条件下,注气压力为 0.8 MPa 除外,其他压力下,砂砾岩中的产液量和产油量均大于砂岩中的产液量和产油量。当注气压力为 2.0 MPa 时,注气流量为 1.0 L/min 除外,其他流量下,砂砾岩中的产液量和产油量大于砂岩中的产液量和产油量(图4)。

3.2 产出液中饱和烃组分

由图5可知:在注气流量为 2.5 L/min 的条件下,

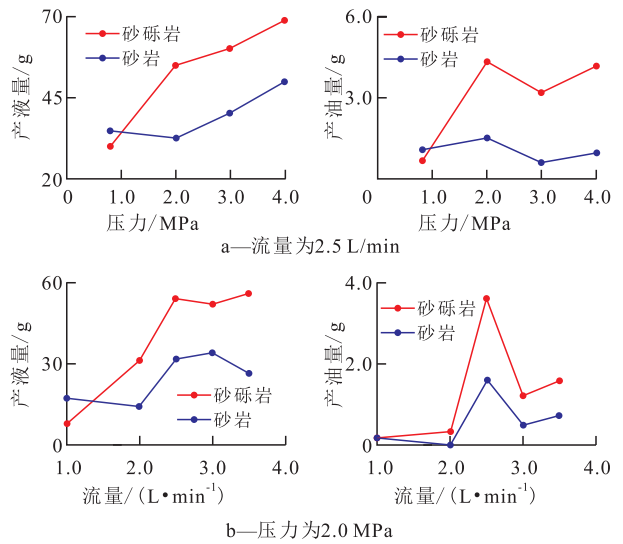


图4 不同注气压力和流量下砂岩和砂砾岩的产液量和产油量

Fig.4 Liquid output and oil output of the sandstone and the glutenite at various gas injection pressures and flow rates

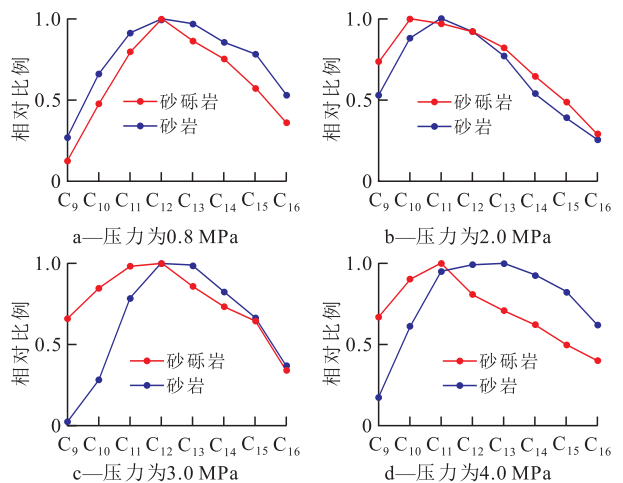


图5 不同注气压力下砂岩和砂砾岩产出液中饱和烃碳数分布

Fig.5 Carbon number distribution of saturated hydrocarbon in produced liquid of sandstone and glutenite at various gas injection pressures

当注气压力为 0.8 MPa 时,总体上砂岩和砂砾岩产出液中饱和烃碳数分布差别不大;当注气压力为 2.0 和 3.0 MPa 时,砂岩和砂砾岩产出液中饱和烃碳数分布的差别主要体现在低碳数部分,即砂砾岩产出液中低碳数饱和烃相对比例较高;当注气压力为 4.0 MPa 时,砂岩和砂砾岩产出液中饱和烃碳数分布无论是低碳数还是高碳数部分均有较大差别。砂砾岩产出液中,低碳数饱和烃相对比例大,而高碳数饱和烃相对比例小;砂岩产出液中,低碳数饱和烃相对比例小,高碳数饱和烃相对比例大。

在注气压力为 2.0 MPa 的条件下,不同注气流量下砂岩和砂砾岩产出液中饱和烃碳数分布均有

较大差别(图6);除了注气流量为1.0 L/min外,其他注气流量下产出液中饱和烃碳数分布的差别主要体现在低碳数部分,且注气流量越大,砂砾岩与砂岩产出液中饱和烃碳数分布差别越大。

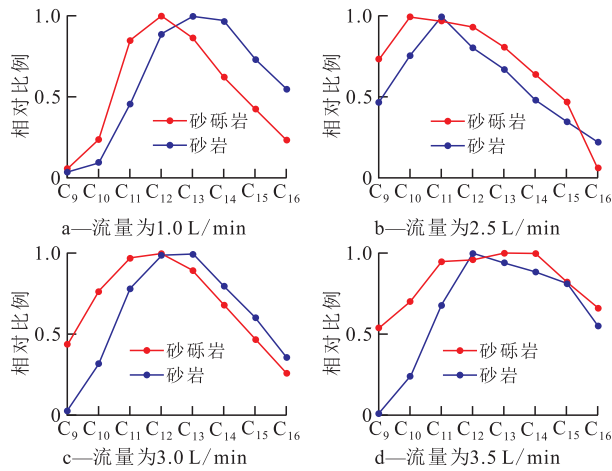


图6 不同注气流量下砂岩和砂砾岩产出液中饱和烃碳数分布

Fig.6 Carbon number distribution of saturated hydrocarbon in produced liquid of sandstone and glutenite at various gas injection flow rates

由图7a可以看出,在注气压力(或流量)变化实验中,砂岩产出液中C₁₃正构/C₁₃异构的相对比例均大于砂砾岩产出液中的相对比例。从总体趋势看,砂岩产出液中C₁₃正构/C₁₃异构的相对比例随注气压力呈现降低—增加—降低的趋势,而砂砾岩产出液中的趋势则相反;随着注气流量的增加,砂岩产出液中C₁₃正构/C₁₃异构相对比例则先增加再降低,而砂砾岩产出液中的则呈现增加—降低—增加的趋势。

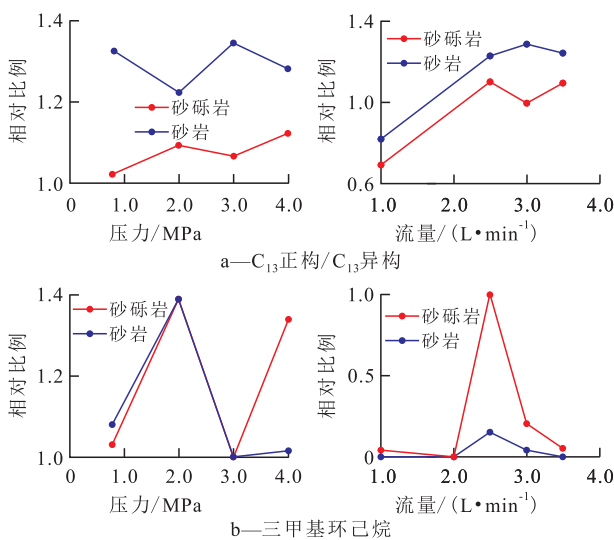


图7 不同注气压力和流量下砂岩和砂砾岩产出液中C₁₃正构/C₁₃异构和三甲基环己烷的相对比例

Fig.7 Relative proportions of C₁₃ normal/C₁₃ isomerism and trimethyl cyclohexane in produced liquid of sandstone and glutenite at various gas injection pressures and flow rates

趋势。

分析图7b可知,在砂岩和砂砾岩产出液中三甲基环己烷相对比例随注气压力或流量的变化趋势基本一致,但在注气流量一定、注气压力为4.0 MPa和注气压力一定、注气流量为2.5 L/min时,砂砾岩产出液中三甲基环己烷相对比例远大于砂岩产出液中的相对比例。

3.3 产出液中芳香烃组分

由产出液中芳香烃组分分析结果(图8a)可知:从总体趋势看,砂岩和砂砾岩产出液中萘相对比例随注气压力和流量的变化趋势基本一致,但变化幅度相差较大;但在压力实验时,当注气压力小于2.0 MPa时,砂岩产出液中萘相对比例较高,而当注气压力大于2.0 MPa时,砂砾岩产出液中萘相对比例较高;在流量实验时,砂砾岩产出液中萘相对比例较高。

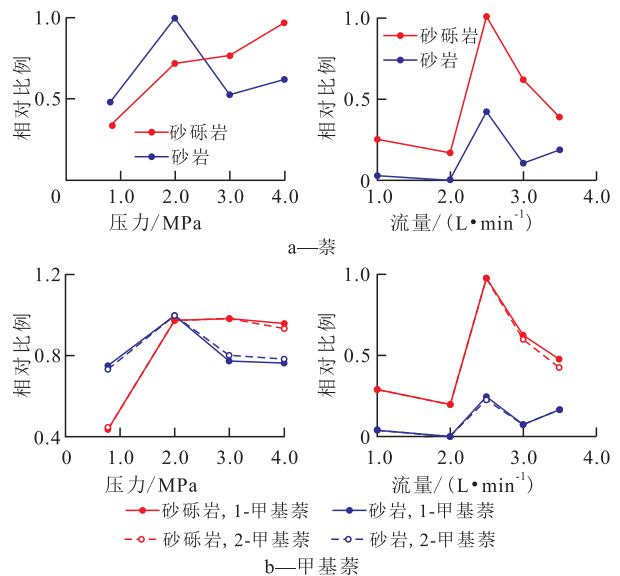


图8 不同注气压力和流量下砂岩和砂砾岩产出液中萘和甲基萘的相对比例

Fig.8 Relative proportions of naphthalene and methyl naphthalene in produced liquid of sandstone and glutenite at various gas injection pressures and flow rates

从图8b可以看出,砂岩和砂砾岩产出液中甲基萘随注气压力和流量的变化趋势基本一致。在压力实验时,当注气压力小于2.0 MPa时,砂岩产出液中甲基萘相对比例高于在相同条件下砂砾岩产出液中甲基萘相对比例;当注气压力大于2.0 MPa时,砂砾岩产出液中甲基萘比例较高。而在流量实验中,则是砂砾岩产出液中甲基萘比例较高。

产出液中甲苯测定结果(图9a)表明,在砂岩和砂砾岩产出液中甲苯相对比例随注气压力的变化趋势基本一致。当注气压力小于2.0 MPa时,砂岩

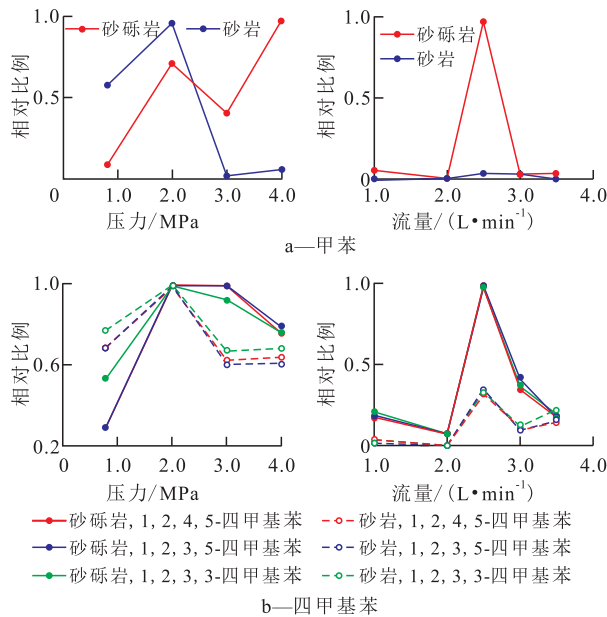


图9 不同注气压力和流量下砂岩和砂砾岩产出液中甲苯和四甲基苯的相对比例

Fig.9 Relative proportions of toluene and tetramethylbenzenes in produced liquid of sandstone and glutenite at various gas injection pressures and flow rates

产出液中甲苯相对比例较高,而当注气压力大于2.0 MPa时,砂砾岩产出液中甲苯相对比例较高。流量实验时,砂岩和砂砾岩产出液中甲苯相对比例均随注气流量的增大出现最大值,且均出现在2.5 L/min时。

四甲基苯测定结果(图9b)显示:在注气流量一定的条件下,当注气压力小于2.0 MPa时,砂岩产出液中四甲基苯相对比例高于砂砾岩产出液中的相对比例;注气压力大于2.0 MPa后则相反。在注气压力一定的条件下,砂岩和砂砾岩产出液中四甲基苯相对比例随注气流量的变化趋势一致,且砂砾岩产出液中四甲基苯相对比例较砂岩中产出液中的比例更大。

3.4 残余油砂中有机元素

在注气压力为2.0 MPa、注气流量为1.5 L/min的条件下,残余油砂中C,H,N和S含量测定结果(图10)表明,燃烧反应后,砂砾岩条件下C,H,N和S含量均高于砂岩,说明砂砾岩残余油砂中有机元素含量更高。

当注气压力为2.0 MPa、注气流量为1.5 L/min时,对砂岩与砂砾岩火驱过程中残余油砂的红外光谱进行分析,砂砾岩中残余油砂在2 924和2 854 cm^{-1} 处 $-\text{CH}_3$ 和 $-\text{CH}_2$ 的伸缩振动吸收峰较高,说明油砂中剩余有机物含量高,而砂岩中则没有伸缩振动吸收峰。

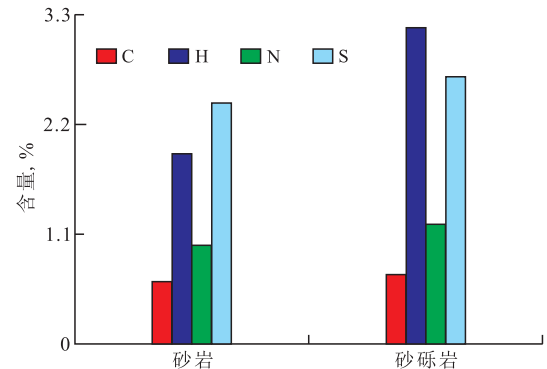


图10 砂岩和砂砾岩燃烧后残余油砂中有机元素含量
Fig.10 C, H, N and S elements content in residual oil sands after combustion in sandstone and glutenite

当注气压力为2.0 MPa、注气流量为1.5 L/min时,残余油砂中胶质和沥青质的LC-MS分析结果表明,在砂岩和砂砾岩条件下,采用砂砾岩时有更多高碳数的胶质和沥青质产出,出现了质荷比为721, 677, 633和589等高质荷比的质谱峰。分析残余油砂中胶质的LC-MS结果可知,砂砾岩中大部分胶质被驱出,而砂岩中还有较多的胶质未被驱出。说明砂砾岩中的胶质更容易被驱出。对沥青质进行LC-MS分析,也得到类似结果。

3.5 产出气体和烃类组分

在砂岩和砂砾岩的火驱燃烧过程中,岩性对产出的无机气体种类没有影响,产出气体主要含 CO_2 和 O_2 等气体,不含 H_2S 和 CO 等气体。燃烧15 min后,产生的 CO_2 和 O_2 含量测定结果表明:在注气压力为2.0 MPa、注气流量为2.5 L/min的条件下,砂砾岩和砂岩条件下生成的 CO_2 分别为26%和23%,生成的 O_2 分别为8%和10%,说明砂砾岩中生成的 CO_2 较多, O_2 较少,具有更高的燃烧反应速度。

砂砾岩条件下,产生饱和烃的含量较高且种类也更多,主要为甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、异戊烷和正戊烷,而砂岩条件下没有正丁烷和正戊烷生成,这说明砂砾岩条件下更有利于原油的裂解。在砂岩和砂砾岩的燃烧反应过程中均没有发现炔烃;砂砾岩中生成不饱和烃的种类主要为乙烯、丙烯、1-丁烯、异丁烯、反-2-丁烯、顺-2-丁烯、反-2-戊烯、3-甲基-1-丁烯、2-甲基-2-戊烯、2-甲基-1-戊烯和顺-2-戊烯,而砂岩条件下,没有丙烯、反-2-丁烯和顺-2-丁烯生成;砂砾岩中生成不饱和烃的含量高于砂岩条件下的含量。

4 结论

随着注气流量和压力的增加,砂砾岩中火驱前

缘推进距离比砂岩中的更远,而砂砾岩中推进速率和最高温度则较砂岩中低。

砂砾岩条件下的产液量和产油量、残余油砂中的有机组分含量均高于砂岩。产出液中饱和烃碳数分布的差别主要体现在低碳数部分,注气流量越大,砂砾岩和砂岩产出液中饱和烃碳数分布的差别也越大。

综合考虑砂岩、砂砾岩条件下火驱前缘推进距离、推进速率与最高温度、产液量及产油量可知,砂砾岩储层比砂岩储层更适合开展火驱采油。

参考文献:

- [1] 王弥康,王世虎,黄善波,等.火烧油层热力采油[M].东营:石油大学出版社,1998:245-280.
Wang Mikang, Wang Shihu, Huang Shanbo, et al. Thermal recovery of in-situ combustion [M]. Dongying: Petroleum University Press, 1998: 245-280.
- [2] 万仁溥,吴奇,张琪,等.采油工程技术手册[M].北京:石油工业出版社,2000:79-83.
Wan Renpu, Wu Qi, Zhang Qi, et al. Technical manuals of production engineering [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000: 79-83.
- [3] 时贤,李兆敏,张虎贲,等.超重油溶解气驱后转驱提高采收率实验[J].油气地质与采收率,2015,22(1):98-101,121.
Shi Xian, Li Zhaomin, Zhang Huben, et al. Experimental study of improving the recovery in super heavy oil reservoir after dissolved gas drive [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(1): 98-101, 121.
- [4] 陈德春,周淑娟,孟红霞,等.陈家庄油田陈373块蒸汽吞吐后转CO₂-化学剂复合吞吐研究[J].油气地质与采收率,2014,21(6):76-78.
Chen Dechun, Zhou Shujuan, Meng Hongxia, et al. Research on compound stimulation of CO₂-chemical after steam stimulation for Chen373 block [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(6): 76-78.
- [5] 尹虎,钟守明,刘辉,等.稠油井火驱开发固井水泥浆性能评价与应用[J].油气地质与采收率,2013,20(4):99-101.
Yin Hu, Zhong Shouming, Liu Hui, et al. Study and application of cement system for in-situ combustion in heavy oil reservoir [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(4): 99-101.
- [6] 王元基,何江川,廖广志,等.国内火驱技术发展历程与应用前景[J].石油学报,2012,33(5):909-914.
Wang Yuanji, He Jiangchuan, Liao Guangzhi, et al. Overview on the development history of combustion drive and its application prospect in China [J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(5): 909-914.
- [7] 陈莉娟,蔡罡,余杰,等.稠油火驱开采技术节能减排效果分析[J].油气田环境保护,2010,20(增刊):23-24.
Chen Lijuan, Cai Gang, Yu Jie, et al. Analyses of energy-saving and emission reducing effect of heavy oil fire flooding exploitation technique [J]. Oil and Gas Field Environment Protection, 2010, 20(Supplement): 23-24.
- [8] 钱根葆,程宏杰,张勇,等.不同碳原子数烃类对火驱燃烧效果的影响[J].石油学报,2014,35(2):326-331.
Qian Genbao, Chen Hongjie, Zhang Yong, et al. Effect of hydrocarbon carbon atoms number on in-situ combustion [J]. Acta Petrolei Sinica, 2014, 35(2): 326-331.
- [9] 谢玉洪,张亚,张峭楠,等.莺歌海盆地东方区黄流组低渗储层特征及影响因素分析[J].石油实验地质,2015,37(5):541-547.
Xie Yuhong, Zhang Ya, Zhang Shaonan, et al. Structural characteristics of micro-pores and factors controlling low-permeability reservoirs in the Huangliu Formation in the Dongfang area, Yinggehai Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(5): 541-547.
- [10] 龚姚进,户昶昊,宫宇宁,等.普通稠油多层火驱驱替机理及波及规律研究[J].特种油气藏,2014,21(6):83-86.
Gong Yaojin, Hu Changhao, Gong Yuning, et al. Research on displacement mechanism and sweeping performance of ordinary heavy oil multi-layer fire-flooding [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2014, 21(6): 83-86.
- [11] 国殿斌,徐怀民.深层高压低渗油藏CO₂驱室内实验研究:以中原油田胡96块为例[J].石油实验地质,2014,36(1):102-105.
Guo Dianbin, Xu Huaimin. Laboratory experiments of CO₂ flooding in deep-buried high-pressure low-permeability reservoirs: A case study of block Hu96 in Zhongyuan Oilfield [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(1): 102-105.
- [12] 陈长征,陈伟,吴峰,等.北部湾盆地迈陈凹陷东部构造物理模拟研究[J].石油实验地质,2014,36(4):516-522.
Chen Changzheng, Chen Wei, Wu Feng, et al. Structural physical simulation research of eastern Maichen Sag, Beibuwan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(4): 516-522.
- [13] 张方礼,赵庆辉,闫红星,等.指纹分析技术在火驱燃烧状态识别中的应用[J].特种油气藏,2015,22(6):80-84.
Zhang Fangli, Zhao Qinghui, Yan Hongxing, et al. Application of signature analysis technique in identification of fire flood combustion state [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2015, 22(6): 80-84.
- [14] 袁士宝,蒋海岩,李秀明,等.示踪剂辅助判断多井组火驱燃烧前缘位置[J].油气地质与采收率,2014,21(3):52-54,65.
Yuan Shibao, Jiang Haiyan, Li Xiuming, et al. New method to determine position of combustion front for in-situ combustion in the multiple well groups [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(3): 52-54, 65.
- [15] 刘其成,刘宝良,程海清.超稠油油藏火驱辅助重力泄油技术实验研究[J].特种油气藏,2015,22(1):84-87.
Liu Qicheng, Liu Baoliang, Cheng Haiqing. Experimental study on fire-flooding assisted gravity drainage in super-heavy oil reservoirs [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2015, 22(1): 84-87.