

稠油储层碎屑溶解实验及其地质意义

顿铁军

(西安地质学院, 710054)

稠油热采中, 由于注入碱性蒸汽对储层碎屑发生溶解作用, 导致油井出砂严重, 目前已成为国内外稠油热采中一个重大疑难技术问题。本文主要对河南油田出砂最严重的泌浅 10 块 G51310 岩心样品, 模拟现场热采条件进行碎屑溶解实验并探讨其地质意义, 以期能对其它稠油油藏的开采具有参考价值。

关键词 稠油热采 储层碎屑 溶解实验

作者简介 顿铁军 男 58 岁 副教授 石油地质

1 碎屑溶解热模拟实验

1.1 样品处理

实验样品选自出砂最严重的泌浅 10 块 G51310 井岩心散砂, 经洗油后将样品分作 3 份。一份用浮沉法分离出石英单矿物(纯度达 99%); 二份除去粘土杂基后的颗粒样(其中包括石英、长石及其它岩屑颗粒); 三份不作选矿的处理。通过不同样品的系列模拟, 重点研究该区油井出砂是否由于溶解作用破坏岩石颗粒骨架所造成。样品处理分析流程见图 1。

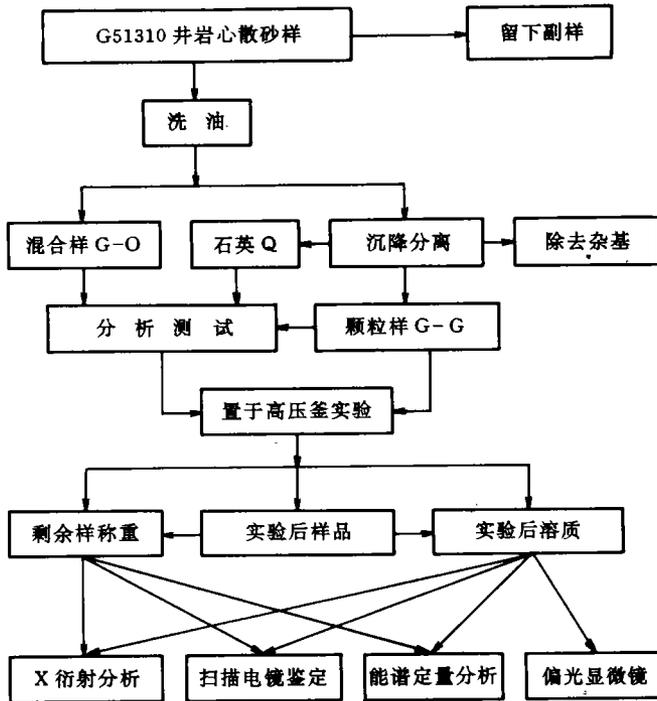


图 1 样品处理分析流程框图

1.2 实验条件

(1)石英溶解实验(Q 系列):压力 6MPa;介质 pH=8、10、13(用 $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH}$ 配制);温度 $T=100^\circ\text{C}$ 、 200°C 、 250°C 、 300°C ;共作 12 次实验,每次实验时间为 3 天,在高压釜封闭系统中进行。

(2)碎屑溶解实验(G 系列):压力 6MPa;介质 pH=8、10、13(用 NaOH 配置);温度 $T=100^\circ\text{C}$ 、 200°C 、 300°C 。实验条件包括原始样(编号 G-O)和颗粒样(G-G),每种样作 9 次共作 18 次实验,每次实验 2 天。均在高压釜封闭系统中进行。

1.3 实验结果

详见表 1 及图 2、3。

表 1 溶解实验数据表

样品编号	样品量 (mg)	压力 (MPa)	温度 ($^\circ\text{C}$)	介质 pH	时间 (h)	被溶解量 (mg/L)	实验设备
Q-100-8	100	6	100	8	72	36	高压釜封闭系统
Q-200-8	100	6	200	8	72	156	
Q-250-8	100	6	250	8	72	160	
Q-300-8	100	6	300	8	72	180	
Q-100-10	100	6	100	10	72	180	
Q-200-10	100	6	200	10	72	380	
Q-250-10	100	6	250	10	72	400	
Q-300-10	100	6	300	10	72	440	
Q-100-13	100	6	100	13	72	480	
Q-200-13	100	6	200	13	72	6220	
Q-250-13	100	6	250	13	72	6580	
Q-300-13	100	6	300	13	72	16200	
G-O-100-8	1050	6	100	8	48	913	
G-O-100-10	1050	6	100	10	48	823	
G-O-100-13	1050	6	100	13	48	1333	
G-O-200-8	1050	6	200	8	48	2157	
G-O-200-10	1050	6	200	10	48	1270	
G-O-200-13	1050	6	200	13	48	12660	
G-O-300-8	1050	6	300	8	48	1893	
G-O-300-10	1050	6	300	10	48	980	
G-O-300-13	1050	6	300	13	48	11580	
G-G-100-8	1000	6	100	8	48	853	高压釜封闭系统
G-G-100-10	1000	6	100	10	48	943	
G-G-100-13	1000	6	100	13	48	1943	
G-G-200-8	1000	6	200	8	48	497	
G-G-200-10	1000	6	200	10	48	1333	
G-G-200-13	1000	6	200	13	48	10763	
G-G-300-8	1000	6	300	8	48	910	
G-G-300-10	1000	6	300	10	48	943	
G-G-300-13	1000	6	300	13	48	13333	

2 实验所获认识

2.1 Q 系列石英单矿物溶解实验

(1) 石英在碱性介质中的溶解量(表 1), 随 pH 值的增加而增大。在本次实验条件下, 当 pH 值在 8~10 之间时, SiO_2 的溶解量相对较低, 其值为 $n \times 10^2 \text{mg/L}$; 而当 pH 值增至 13 时, SiO_2 溶解量剧增, 其值可达 $n \times 10^3 \sim n \times 10^4 \text{mg/L}$ 。以同样温度条件下相比, pH=13 时 SiO_2 的溶解量要比 pH=8~10 高出 1~2 个数量级。由此看来, 泌渗 10 块现场注汽 pH 值的高低, 对该区石英颗粒溶解起着举足轻重的作用(图 2)。

(2) 图 2 曲线还表明, 在 pH 值固定的条件下, SiO_2 溶解量随温度增加(100℃→300℃)而增高。因此, 温度条件对石英溶解也起有一定的促进作用。综上所述, 本次石英溶解实验总的

特点表现为: SiO_2 溶解量随 pH 值和温度的增加而呈现为有规律的函数关系。

当 pH=8、 $p=6\text{MPa}$ 时, 溶解方程为 $y=0.354x^{1.5270}$ ($R=0.9613$)

当 pH 值=10、 $p=6\text{MPa}$ 时, 溶解方程为 $y=3.9995x^{0.8361}$ ($R=0.9780$)

当 pH=13、 $p=6\text{MPa}$ 时, 溶解方程为 $y=0.000324x^{3.1017}$ ($R=0.9846$)

2.2 G 系列碎屑溶解实验

将洗油后的 G51310 样进行了颗粒和杂基(包括粘土)的分离, 结果表明杂基仅占全岩重量的 1.78%, 经 X 衍射分析杂基的主要组份为伊/蒙混层、伊利石, 其次为高岭石; 非粘土

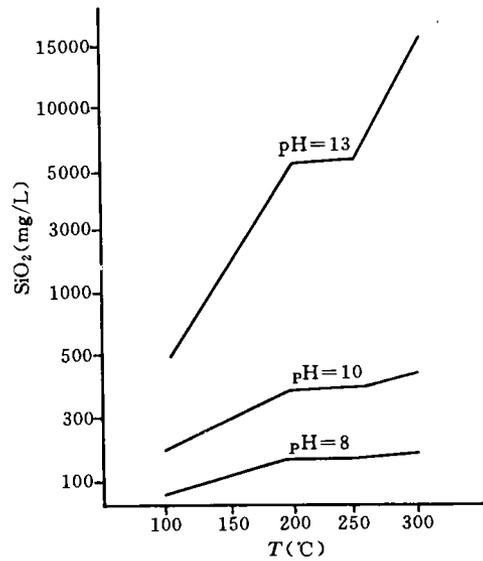


图 2 石英溶解量关系曲线

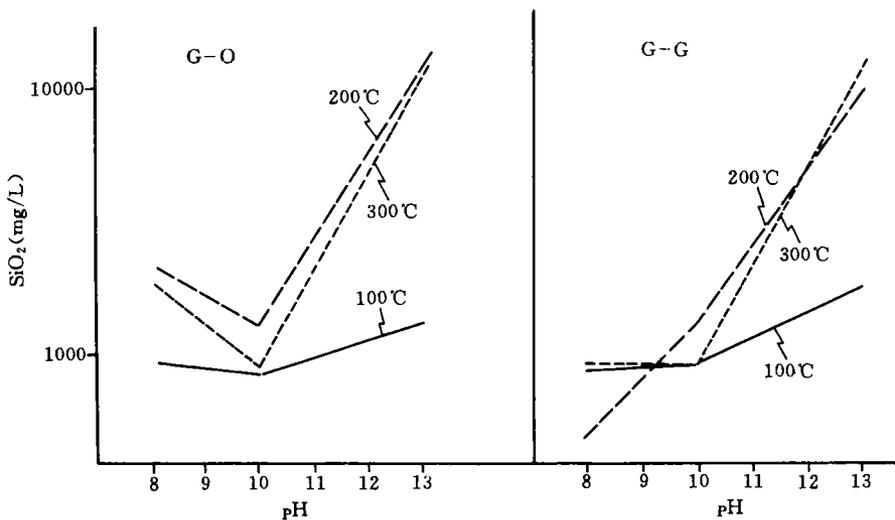


图 3 G-O 与 G-G 样溶解量与 pH 值及温度的关系

矿物组份主要为石英、钠长石和钾长石。由于杂基含量很低,所以原始样(G-O)与颗粒样(G-G)在微观分析及溶解性情况表现得非常相似,其共同特点表现为:

(1)G-O 与 G-G 样的溶解度与 pH 值大体呈指数关系。随着 pH 值与温度的增高,溶解度变化幅度很大。G-O 样最大的溶解度(12660mg/L)为最小溶解度(823mg/L)的近 15.4 倍;G-G 样最大的溶解度(13333mg/L)为最小溶解度(497mg/L)的近 27 倍。从图 3 可以看出,个别样品的溶解度随 pH 及温度增高稍有偏离而呈无规律增长的趋势。究其原因与样品不均一性有关。因为碎屑样品中含有多种矿物,其溶解度各异,另外由于颗粒大小粒度的不同,致使其溶解度有差异。但总的趋势遵循如下方程(示入表 2)。

表 2 碎屑溶解度与 pH 值的关系式

样号	T(℃)	p(MPa)	数学表达式	相关系数 R
G-O	100	6	$y=153.2x^{0.8102}$	0.7758
	300	6	$y=0.499x^{3.7938}$	0.7656
	200	6	$y=0.316x^{0.9173}$	0.7175
G-G	100	6	$y=21.30x^{1.7283}$	0.9341
	200	6	$y=171.51x^{0.7060}$	0.9644
	300	6	$y=0.00456x^{5.56}$	0.8936

(2)为了对实验后样品的溶蚀情况进行直观研究,重点对 G-O 号样实验前、后的样品进行了扫描电镜鉴定,结果列入表 3(照片略)。

表 3 扫描电镜下 G-O 样的溶蚀现象

样号	石英	钠长石	钾长石
G-O 原样	基本未溶蚀	未溶蚀	未溶蚀
G-O-100-13	稍有溶蚀	边缘稍有溶蚀	稍有溶蚀
G-O-300-8	有溶蚀点	稍有溶蚀	有溶蚀
G-O-300-10	有溶蚀坑	有溶蚀	有较深溶沟
G-O-300-13	严重溶蚀沟	有较深溶蚀	严重溶蚀

表 3 结果表明,在高温、高压、碱性介质作用下,石英、钠长石和钾长石都在逐渐被溶蚀,但溶解程度不同。石英和钾长石,特别是石英,随温度及 pH 值升高,基本上从开始就产生溶蚀逐渐到严重溶蚀,出现由麻点到溶坑乃至溶沟。但钠长石则在较高温度及较大 pH 值下才有溶蚀现象。按其溶蚀强弱程度依次为:石英→钾长石→钠长石。

3 溶解作用的地质意义

3.1 溶解作用破坏岩石骨架导致汽窜与出砂

泌浅 10 块年累积注蒸气 15.8 万吨,现场注气压力 6MPa,注入井底温度为 250℃,直流

参 考 文 献

- 1 程克明等. 陆相原油及凝析油的轻烃单体组成特征及地质意义. 石油勘探与开发, 1987, (1): 34~43
- 2 Thompson K F M. Classification and thermal history of petroleum on light hydrocarbons, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47(2): 303~316
- 3 李雨梁. 南海北部大陆架西区地热特征. 南海石油, 1990, (4): 1~8
- 4 曾宪章等. 我国某些陆相原油和生油岩中甾烷、萜烷的地球化学. 有机地球化学论文集, 北京: 科学出版社, 1986, 38~49
- 5 林壬子. 莺歌海盆地上第三系油气远景的地球化学研究. 江汉石油学院报告集, 1986, 169~180
- 6 何家雄等. 莺歌海盆地上第三系油气远景的初步研究. 南海石油, 1989, (4): 24~30

THE SOURCES OF GAS POOLS IN YINGHUANG FORMATION AND ITS EXPLORATORY IMPLICATION IN THE YINGGEHAI BASIN

He Jiexiong

*(Institute of Petroleum Exploration and Development
of Nanhai Western Oil Company, CMPC)*

Abstract

The question about the source of shallow gas accumulation with normal pressure in Yinghuang formation is a key to gas exploration and geological research. Based on geological and geochemical data, the hydrocarbon sources and accumulation conditions were analysed in detail. Conclusively, the shallow gas pools with normal pressure mostly sourced the rocks of the middle and lower Yinghuang formation.

~~~~~  
(上接 100 页)

## EXPERIMENT ON CLASTIC DISSOLUTION OF HEAVY OIL RESERVOIRS AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Dun Tiejun

*(Xian College of Geology)*

### Abstract

In the process of heat mining of heavy oil, sands seriously come out from oil-well as a result of interaction of clasts of the reservoirs with the injected alkaline steam, which remains a technical problem in the world. 10 core samples from the most severe sand well of Biqian G51310 of Henan oil field were experimented on clastic dissolution under site heat mining conditions. Their geological significance was discussed, which may provide some useful information for heat mining of heavy oil.