

疏松砂岩油藏油层保护评价新方法研究

王富华⁽¹⁾ 邱正松⁽¹⁾ 冯京海⁽²⁾ 陈永浩⁽²⁾

(1)石油大学(华东) (2)冀东油田工程监理公司

引言

进行油气层损害机理实验研究的前提是选取能代表储集层特性的柱形岩心,但采用常规方法难以获得疏松砂岩油藏的成形岩心。冀东油田高104-5区块馆陶组稠油油藏的储集层胶结类型以孔隙胶结为主,疏松易散^[1],无法取得柱形岩心样品。“八·五”期间进行该区块保护油气层技术研究时,曾将松散油砂加入胶结剂压制成形,再高温烧结,来制备柱状实验岩心^①。但高温作用会使岩心碎样中的矿物(如黏土矿物、石英和长石等)转化,形成不稳定矿物,而烧结的陶瓷效应会改变岩石润湿性和相对渗透率^[2],所以用这种方法制备的人造岩心不能代表储集层实际状况,不宜用于油气层损害机理(如水敏、盐敏、速敏、碱敏、酸敏等损害机理)评价实验研究,必须探索适用于疏松砂岩的油层保护实验研究新方法。

岩心封固套的研制

1 研制岩心封固套的基本思路

为了不改变地下岩石的真实岩性和物性,应不加入任何胶结剂,直接将实际油砂散样“封固”而制备柱状人造岩心。优化制备条件,使得制备的人造岩心保持天然状态下的矿物成分和地下原有的孔、渗特性,不改变其表面润湿性。此外,岩心封固套应能直接用于岩心流动实验仪。

2 基本结构

岩心封固套(见图1)主要包括钢筒、上下螺栓、垫片、筛网,为方便压制岩样,还包括底座和顶针两个辅助部件。岩心封固套的具体部件结构为:①钢筒(见图1b):是空心圆筒,上、下端均刻有内螺纹,主要用来拧紧上、下螺栓,以便固定油砂。②岩心筒垫片(见图1c):岩心筒有两个垫片与其配套,每个垫片上刻有数个小孔和水纹,既便于流体均匀地流过岩心,又可配合筛网封堵

油砂颗粒。③螺栓:螺栓的最大外径与钢筒外径相等,保证封固套外表面光滑,以免实验过程中在围压作用下封固套刺破橡胶套。上螺栓(见图1d)高18mm,外螺纹长10mm,最小直径为20mm,中间有一个直径为16mm的圆孔,便于流体流过,避免将垫片上的小孔堵住。为使上螺栓能顺利旋进钢筒、压住垫片,其最上端3mm高度无螺纹。下螺栓(见图1e)高9mm,外螺纹长5mm,上部1mm高度无螺纹,其它结构和尺寸与上螺栓相同。④底座(见图1f):作用是在压制岩心时承载压力而避免螺纹受力。为了压制后便于取出岩心,底座最大外径比钢筒外径大,其最小外径为20mm,旨在能进入钢筒,进入钢筒的长度为9mm,等于下螺栓进入钢筒长度和垫片厚度之和。⑤顶针(见图1g):能自由进出钢筒,主要用来传递压力,压紧油砂,并在实验结束后将人造岩心从钢筒中顶出。

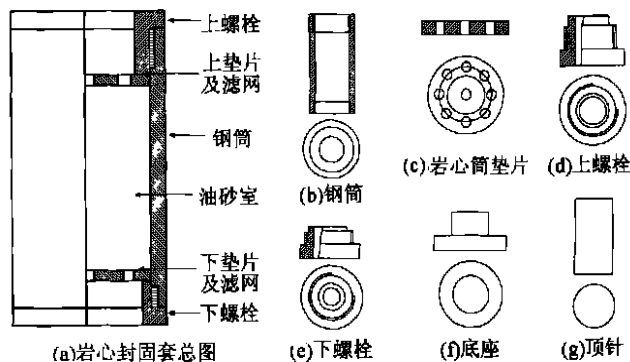


图1 岩心封固套结构图

3 使用步骤

①在钢筒内5mm螺纹一端将底座垂直放好,在钢筒中垫上筛网;②往钢筒中加入松散油砂直到所需高度,放入筛网与顶针,置于压力机下压制;③将顶针取出,放入垫片,然后拧紧上螺栓;④取下底座,放入垫片,拧紧下螺栓,即为人造实验岩心。

压制条件对人造岩心物性的影响

1 油砂洗油与压制次序的确定

油砂在压制之前是否经过洗油,对封固岩心有一

①王欣等,屏蔽暂堵技术在冀东油田的推广应用总结报告,1995.

定影响。由表 1 可见, 先压制后洗油的 1 号岩心虽然初始孔隙度小于先洗油后压制的 2 号岩心, 但其最终渗透率大于 2 号岩心。先压制后洗油存在两种不利因素: 一是洗油效率低(需要 3d); 二是人造岩心中的细颗粒在流动实验时不断被流体冲出, 约经 8h 无颗粒冲出后, 才能测得稳定的渗透率。先洗油后压制, 洗油效率高(4h 就可洗净压制 4 块岩心所需的油砂), 而且油砂散样中的许多细小颗粒在洗油过程中已被冲出, 实验时颗粒被流体冲出的现象不严重, 渗透率较稳定, 可节约测试时间。因此, 应先对油砂进行洗油处理, 然后装入岩心封固套压制。

表 1 不同压制条件对人造岩心物性的影响

样号	压制压力 (MPa)	岩心长度 (cm)	截面积 (cm ²)	孔隙度 (%)	水相渗透率 (10 ⁻³ μm ²)
1	6.895(5min)	5.700	3.140	32.5	103.4
2	6.895(5min)	5.610	3.110	38.7	86.8
3	6.895(5min)	5.608	3.108	36.0	46.3
4	9.653(5min)	5.678	3.127	35.3	15.3
5	3.448(5min)	5.524	3.127	38.8	226.9
6	1.035(5min)	5.450	3.020	45.3	468.9
7	1.035(5min)	5.544	3.127	41.4	450.0
8	1.035(5min)	5.648	3.102	41.7	470.1
9	1.035(5min)	5.566	3.178	44.7	453.9
10	1.035(瞬间)	5.450	3.150	45.4	490.0
11	手压顶针	5.522	3.130	50.3	2288.2
12	手压顶针	5.388	3.130	49.2	2225.8
13	手压顶针	5.388	3.130	54.5	2282.2
14	压力机手柄压 3 下	5.594	3.170	49.6	1549.0
15	压力机手柄压 3 下	5.588	3.130	51.5	1534.8
16	压力机手柄压 3 下	5.442	3.120	51.2	1482.5
17	压力机手柄压 3 下	5.446	3.130	49.9	1516.6
18	压力机手柄压 3 下	5.670	3.130	51.8	1586.6
19	压力机手柄压 3 下	5.510	3.140	45.1	1597.0

注: 水相渗透率用模拟地层水在 3mL/min 流量下测得; 1 号岩样为先压制后洗油, 2~19 号岩样均为先洗油后压制

2 压制压力的确定

压制压力在宏观上直接影响岩样的孔隙度和渗透率, 在微观上影响岩样的孔隙结构, 因此, 需要考察压制压力的影响程度。选择 7 种压力条件, 用洗油后的油砂压制实验岩心。从表 1 可见, 压制压力越高, 岩样的孔隙度和水相渗透率越小; 在相似条件下压制油砂散样, 得到的人造岩心渗透率和孔隙度变化不大, 具有较高的重复性。

实用性验证

在本实验条件下, 可以用油砂散样制备水测渗透率为 $1.0 \times 10^{-3} \sim 2300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的实验岩样, 因此渗

透率纵向差异很大的储集层也可以采用该方法制备油层保护室内评价实验岩样。为了验证用本文方法制备的人造岩心进行油层损害与保护评价实验的可靠性, 使用岩心封固套, 用冀东油田 G109-9 井 1977~1979m 井段的疏松油砂制备人造岩心, 进行速敏性、水敏性和盐敏性实验评价。

选取了 4 块岩样进行速敏实验, 其临界流量和速敏指数(按照华北油田速敏评价指标^[3])见表 2。由表 2 可知, 尽管 4 块岩样的渗透率不同, 并且临界流量都很低, 但其速敏性均为中等偏弱, 因此, 在后续的岩心流动实验中, 驱替泵的流量选择为 3mL/min。

表 2 4 块岩样的速敏实验结果

样号	临界流量 (mL/min)	速敏指数	速敏性	实验
1	0.50	0.36	中等偏弱	第一次
1	0.34	0.26	中等偏弱	第二次
2	0.26	0.29	中等偏弱	
3	0.20	0.33	中等偏弱	

选择 1 号和 2 号岩样进行水敏性实验, 结果(见表 3)表明它们的水敏性极强。

表 3 1 号和 2 号岩样水敏性实验结果

岩样	水相渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	去离子水渗透率 (10 ⁻³ μm ²)	水敏指数	水敏性
1	26.78	2.42	0.91	极强
2	86.85	1.0	1.0	极强

选取两种渗透率的岩样, 分别进行盐敏性实验。从图 2 明显可见, 随模拟地层水矿化度降低, 两块岩样的渗透率均迅速下降, 说明它们盐敏性极强。

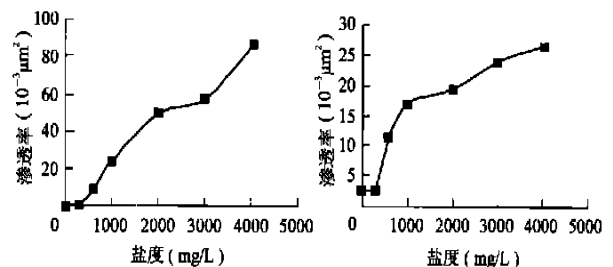


图 2 不同渗透率岩样的盐敏实验曲线

从上述 3 种实验结果得出的结论是: G109-9 井 1977~1979m 井段储集层为中等偏弱速敏、强水敏和强盐敏。该结论与“八·五”期间中国石油天然气总公司石油勘探开发科学研究院钻井所的评价结果完全一致, 表明利用岩心封固套制备人造岩心, 进行油气层损害机理评价实验研究是切实可行的。

结 论

利用岩心封固套, 可以将实际储集层松散油砂制备成孔、渗特性不同的实验岩心, 制成的岩心能较真实地反映储集层的天然岩性和物性, 可直接用于岩心流动实验评价。该项技术既不需要特殊的现场取心工艺, 也不需要通过胶结、烧结来制备岩心, 操作简单、快捷, 在一定程度上解决了难以获取疏松砂岩油层保护评价实验岩心的问题, 具有一定的实用价值。

本文研究得到中国石油天然气集团公司勘探局徐同台总工程师的帮助, 石油大学(华东)凌红军同学参与部分实验工作, 在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 李斌等. 冀东油田科技论文集——油田开发技术. 北京: 石油工业出版社, 1999.
- 2 叶正荣, 樊世忠(译). 储层温度敏感. 国外钻井技术, 1999, 14(3): 49~54.
- 3 李克向(主编). 保护油气层钻井完井技术. 北京: 石油工业出版社, 1993.

第一作者简介 王富华, 男, 33 岁, 讲师, 获硕士学位, 现主要从事油气层保护及油田化学方面的教学和科研工作。地址: 山东省东营市, 石油大学(华东)石油工程学院, 邮政编码 257061; 电话: (0546)8391679; E-mail: wangfh@mail.hdpu.edu.cn

收稿日期 2001-05-31

(编辑、绘图 唐金华)

油气地球化学重点实验室 2001 年工作会议暨“油气藏地球化学研究与技术进展学术研讨会”在昆明举行

石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室 2001 年工作会议暨“油气藏地球化学研究与进展学术研讨会”于 2001 年 9 月 25 日至 10 月 1 日在云南省昆明市举行。

在重点实验室 2001 年工作会议上, 对由油气地球化学重点实验室资助的 15 项油气地球化学分析与研究项目进行了评审验收。这些项目涉及稠油成因机制与黏度预测研究、流体包裹体在油藏注入史研究中的应用、用苯并噻吩及二苯并噻吩地化参数确定原油成熟度、钾氩定年中沉积岩自生黏土矿物的提纯及鉴定等多个地球化学分析领域与研究领域, 分别由石油大学、江汉石油学院、北京大学、大庆石油学院、吉林油田地质研究院、中国石油勘探开发研究院、油气地球化学重点实验室等科研单位的中青年研究人员承担。经由包括英国纽卡索大学 S. Larter 教授、澳大利亚资源科学研究院 S. George 博士、加拿大联邦地质调查局高级科学家黎茂稳博士等外籍学术委员在内的学术委员会综合考评, 由江汉石油学院赵红亮完成的“高分子量烷烃前处理技术和新的生标研究”获总分第一。会上, 由重点实验室常务副主任张水昌博士代表重点实验室、副主任钟宁宁教授代表石油大学研究室、副主任侯读杰教授代表江汉石油学院

研究室, 向专程赶来出席会议的中国石油学会理事长、中油集团公司天然气成藏与开发重点实验室学术委员会主任邱中建院士, 中国石油地质学会副主任、中油股份有限公司总地质师贾承造教授, 中油集团公司科技委员会秘书长傅诚德教授, 中国石油勘探开发研究院副院长赵文智教授, 中国石油勘探开发研究院顾家裕副总地质师、杨杰副总工程师等领导同志汇报了重点实验室试运行 3 年以来所取得的成绩、存在的不足和今后的发展方向。

在随后举行的“油气藏地球化学研究与技术进展学术研讨会”上, 重点实验室学术委员会梁狄刚教授、S. George 博士、S. Larter 教授、石油大学郭绍辉教授、河南油田研究院南红丽高级工程师等宣读了 20 篇高质量的研究成果报告, 获得了来自全国各大油田及科研单位 70 余位代表的好评, 认为这次会议起到了了解国内外油藏地球化学研究进展、发展方向的最佳窗口作用。参加会议的几位外籍学术委员认为此次会议的论文质量较高, 建议在国际著名刊物《Organic Geochemistry》(有机地球化学)上以专刊形式发表。邱中建院士和贾承造总地质师自始至终出席了本次学术研讨会, 对会议给予了高度评价。

(王大锐 供稿)

纹法近年快速发展。具体方法是:将单层原油和混采井原油气相色谱谱图上的峰编号;计算单层原油中各指纹化合物的绝对浓度,选择绝对浓度相差较大的指纹作为参数;将单层原油以不同质量配比混合,计算各指纹化合物的绝对浓度;根据配比比例及各指纹参数的绝对浓度,建立极坐标形式图版。建立了长庆油田延安采油厂侯市区块的标准指纹图版,并进行了实际配比验证。使用此图版得到的该区块3口混采井的拟合计算结果,与用偏最小二乘法计算的结果非常接近,证明了方法的可行性。色谱指纹法在油田未被普遍应用,认为一是地质因素的原因,二是技术原因。讨论了地质因素原因的一些解决方法。图2表3参5(李月琪摘)

主题词 绝对定量 色谱指纹 长庆油田 指纹图版 参数

·油气藏描述·

P631.44 TE112.24 20010624

河流相储集层横向预测方法探索[刊]/张国栋,唐伟,翟瑞国... //石油勘探与开发.-2001,28(6).-84~86

针对河流相储集层薄、纵横向变化大、连续性差和泥质干扰严重等特点,从储集层追踪、储集层特征参数的提取与结构重建等方面入手,在综合研究的基础上,应用波阻抗技术、地质统计学和多元统计等对河流相储集层进行横向预测。目前,利用钻井资料标定色标进行波阻抗剖面的储集层追踪是描述储集层宏观特性的有利手段。测井信息与地震信息就其采样的储集空间来说处于两个极端,但应用统计方法,如多元统计、地质统计学等,可以把这两种信息综合起来。其具体实现是依据岩心、测井,参照井间地震建立储集层变化模型,并借助这一模型用合适的统计方法将这些不同分辨尺度的信息有机地结合起来。图5参9(张国栋摘)

主题词 约束反演 层替换 多元回归法 交会图法 地质统计学 结构重建

P631.445 20010625

三维可视化技术在吉和油田开发中的应用[刊]/陈蓉,张传宝,李殊丽... //石油勘探与开发.-2001,28(6).-87~88

二连盆地吉和油田位于马尼特拗陷阿南凹陷阿南斜坡带的吉和北鼻状构造,已探明含油区块2个:Ha76井断块和Ha78井断块,共上交石油地质储量 437×10^4 t,其中Ha76井断块已投入开发。油田储集层为中生界下白垩统巴彦花群腾格尔组腾一下粗段腾三油组。腾一段含油储集层(细砂岩、砂砾岩等)为浅—深湖相水下扇沉积,扇体形成于陡岸斜坡,物源主要来自苏尼特隆起。应用三维地震资料优选出过主要构造部位的5口探井,利用声波测井数据,进行环境校正、极性调查、深度校正、选择合适的子波,制作出高精度的人工合成地震记录;分析对比区内地层纵向的岩性组合规律,对油层组进行精确标定,并对油层顶面构造形态作出精细解释。在此基础上,应用三维可视化技术(地层可视化、构造可视化、振幅可视化),对解释成果进行沿层雕刻,认清了Ha78井、Ha81井处水下扇体中砂体展布的方向和范围;从主测线和联络线的可视化剖面图上显示出Ha78井、

Ha81井向北油层增厚、反射增强的特点。说明该位置为扇体中部位,储集层渗透砂岩较厚,孔隙度较高,是有利油气聚集带,预测工作为吉和油田的进一步开发提供了井位部署依据。彩图6(陈蓉摘)

主题词 三维可视化技术 水下扇沉积 吉和油田 储集层预测

·油气层保护·

TE258 20010626

疏松砂岩油藏油层保护评价新方法研究[刊]/王富华,邱正松,冯京海... //石油勘探与开发.-2001,28(6).-89~91

有效选取代表储集层特性的圆柱状岩心是利用岩心流动实验进行油气层损害机理研究的前提。胶结强度较弱的疏松砂岩油藏采用常规方法难以获得成形岩心,给油气层保护技术研究造成很大困难。研制了一种岩心封固套,可用以将储集层松散油砂制备成不同孔隙度和渗透率实验岩心。该方法不需加入胶结剂粘剂和高温烧结岩心,避免了岩性变化和表面润湿性转变,能较真实地反映储集层的岩性和物性,可直接用于岩心流动实验评价。用G104-5区块松散油砂制备的实验岩心,其岩心流动实验敏感性评价结果与前期研究结果完全一致,表明利用新研制的岩心封固套制备实验岩心进行油气层损害机理评价实验研究是切实可行的。该方法简便、快捷、经济,对今后开展疏松砂岩油层保护评价研究具有一定的实用价值。图2表3参3(王富华摘)

主题词 疏松砂岩 岩心 油层损害 敏感性评价 实验室试验

·油藏物理·

TE125.3 TE112.23 20010627

应用环境扫描电镜研究储集层砂岩样品润湿性的变化特征[刊]/严启团,郭和坤,刘素民 //石油勘探与开发.-2001,28(6).-92~93

环境扫描电镜是国际上根据科学研究的需要在常规扫描电镜的基础上发展起来的一项新技术,应用ESEM2020型环境扫描电镜常温环境台的功能,通过观察水蒸气在样品表面凝结速度的快慢和凝结水滴与样品表面的接触角大小来判断样品的润湿性。利用环境扫描电镜观察对比了较强亲油砂岩、较弱亲油砂岩及强亲水砂岩的润湿性特征,表明环境扫描电镜技术在微观尺度上用于研究样品润湿性具有迅速、直观等优点。图1参5(严启团摘)

主题词 环境扫描电镜 储集层 砂岩 润湿性 采收率

·讨论·

TE112.221 TE19 20010628

储集层的两种精细对比方法讨论[刊]刘波,赵翰卿,于会宇 //石油勘探与开发.-2001,28(6).-94~96

针对油田开发中基础而关键的储集层精细划分对比问题,研究并比较了高分辨率层序地层学与储集层精细描述技术在理论、原理、方法、应用及概念上的异同。这两种储集层精细划分

Application of 3-D visualization technique to Jihe oil field development. CHEN Rong; et al. (Geophysical Research Institute of Huabei Petroleum Administration, Hebei 062552, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(6), 87-88. Jihe oil field in Erlian basin lies in north Jihe. Its oil reservoir is on a nose structure that is on Anan slope of Anan sag in Manite depression. Two blocks with oil have been found in the field; Well-block Ha76 and Well-block Ha78 whose OOIP are 43.7×10^5 t totally. So far, the Well-block Ha76 has been developed. The reservoir beds are in the third Teng hydrocarbon layer, which is in Tengger Formation of Bayanhua Group formed in Lower Cretaceous in Mesozoic. The reservoir beds consist of fine sandstone and sandy gravel, which are shallow-deep lake submarine fan deposits. The fan sediments deposited on steep slope, source area is the Sunite uplift in southeast. Five exploration wells are carefully selected with 3D seismic data, which are in the main structure. Synthetic seismograms are formed according to acoustic logs, with following reprocessing; environment correction, polarity check, depth correction and selection wavelet, calibrating the reservoir beds based on the analysis of strata lithologic association in the zone and interpreting the top structure of reservoir beds. The 3-D visualization technique (i. e. strata structure and amplitude visualization) has been used, and the extension direction and boundary of sandstone at the Wells Ha78 and Ha81 have been clearly understood. The visual sections of in-line and cross-line show that towards north the reservoir strata become thicker and reflections become stronger. These characters show that the Wells Ha78 and Ha81 are in the center of fan deposit, sand body is thick and porosity is high. It is a good hydrocarbon accumulation zone. The well pattern has been decided for Jihe oil field further development. **Subject heading:** 3D visualization technique, Submarine fan deposition, Jihe oil field, Reservoir prediction

Laboratory evaluation on a new method for protecting unconsolidated sandstone reservoir. WANG Fu-hua, et al. (University of Petroleum, Shandong 257061, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(6), 89-91. Effective selecting of small cylindrical core representing reservoir characters is a prerequisite to research the mechanism of formation damage through core flow tests. It is difficult to get definite shaping core out of unconsolidated sandstone reservoir by conventional techniques, which makes the research for reservoir protection more difficult. A new device was developed to prepare laboratory cores of

different values of porosity and permeability with field loose oil sandstone. Without the impacts of consolidating agent and sintering process on the oil sandstone, the prepared core can have nearly the same lithological characters and physical properties as the unconsolidated sandstone in reservoirs and thus be used in core flow tests evading the changes of lithology and wettability. The experiment results obtained from the flow tests of cores prepared with loose oil sandstone of G104-5 tract and do tally with the earlier research results, shows that the newly developed core-preparing device is applicable for preparing laboratory cores in the evaluation tests of research for mechanism of formation damage. So the method presented here is simple, effective and economical, which will have considerable good effect on the evaluation about reservoir protection of unconsolidated sandstone. **Subject heading:** Unconsolidated sandstone, Core, Formation damage, Sensitivity evaluation, Laboratory testing

Studying wettability changing properties of sandstone reservoir samples with Environmental Scanning Electron Microscope. YAN Qi-tuan; et al. (The Langfang Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Hebei 065007, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(6), 92-93. Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) as a new tool has been used in oil and gas research fields. The main advantage of ESEM is to operate under reduced pressure and to allow the observation of liquid-containing samples in microdynamic process. Samples used are highly oil-wet sample (original reservoir sands), lightly oil-wet sample (reservoir sands treated by molecule deposition), and highly water-wet sample (reservoir sands cleaned by solvents). Water condensation rates and contact angles on samples surface are different. The results indicate that the ESEM test method is effective for studying wettability of samples. **Subject heading:** Environmental Scanning Electron Microscope, Reservoir Sandstone, Wettability, Recovery factor

Discussion on the two methods of detailed reservoir correlation. LIU Bo; et al. (Nanjing University, Jiangsu 210093, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(6), 94-96. In connection with the basic and key problem about the detailed reservoir division and correlation, this paper expounds the principle and application of high resolution sequence stratigraphy which is originated from North America. This article discusses the method of detailed reservoir correlation in Daqing oil field, makes a research