

[引著格式] 曹建军, 吴春文, 路顺行, 等. 调整改造型油藏油水层特征及测井识别 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (1+2): 17~20.

调整改造型油藏油水层特征及测井识别

——以准噶尔盆地腹部莫西庄地区为例

曹建军, 吴春文, 路顺行, 管永国 (中石化胜利油田分公司勘探开发研究院西部分院, 山东 东营 257000)

[摘要] 准噶尔盆地腹部多数油气藏经历了不同程度的调整改造, 莫西庄地区是典型的调整改造型油藏, 非油层残余油相对较多, 油水赋存状态不同于常规油藏, 岩心、岩屑油气级别相同、电阻率相近, 但是产液性质差别较大, 测井识别流体性质难度较大, 初次解释符合率不到 60%。利用荧光薄片研究不同产液性质的储层的油气分布发现, 产油层大孔隙为油气, 产水层大孔隙含水较多, 小孔隙普遍含油; 通过对油水层的地化指标统计发现, 调整改造型油藏地化指标与产液性质相关性较差, 不同于常规油藏; 通过对目的层的测井特征研究发现, 不同产液性质的储层电阻率、深、浅感应电阻率侵入关系以及自然电位异常幅度是不同的。综合利用上述信息, 结合声波时差建立的流体识别图可以更准确地识别流体性质。

[关键词] 测井解释; 油水层识别; 调整改造型; 地化指标; 准噶尔盆地腹部; 莫西庄地区

[中图分类号] P631.84 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1000-9752 (2015) 01+02-0017-04

准噶尔盆地腹部多数油气藏经历了不同程度的调整改造, 形成了有成因联系的一系列调整改造型隐蔽油气藏。莫西庄地区具多源多期充注特征, 自发生油气充注以来, 先后经历了中-晚燕山期和喜马拉雅构造运动, 油气运聚分别受到车-莫古隆起形成、演化以及掀斜作用的影响^[1~4]。先期受车-莫古隆起发育期形成的地层、构造圈闭, 有利于油气的聚集; 后期喜马拉雅期掀斜作用使车-莫古隆起消亡, 腹部成为向南倾的单斜地层, 油气发生再次运移, 油气藏再次调整^[2~5]。根据包裹体研究, 油气最近一次充注时间是 90~0Ma, 即晚白垩世~现今^[5], 再充注能力大幅度降低。油气运聚成藏以原生油藏调整为主, 形成低含油饱和度、古今油水界面明显不同的油藏^[6,7], 产出时多为油水同出。

莫西庄地区作为典型的调整改造型油藏, 储层具有“四低”特征, 即低孔、低渗、低含油饱和度和低电阻率, 利用测井、录井资料进行油水层识别难度大^[8]。主要产油层侏罗系三工河组二段 (J_1s_2) 油气显示井段长, 油水关系复杂且纵向上油水层的电阻率变化小, 增大了测井资料识别油水层的难度, 存在大量相对高电阻率出水、低电阻率出油的储层。就目前的试油测试结果来看, 录井、测井解释结果与试油结果矛盾较大^[8,9], 录井油气显示很好、测井解释为油层的层段, 试油时以油水同层为主, 甚至以产水为主。为此, 笔者利用荧光薄片研究目的层的油、水分布状态, 对比其地化特征, 分析油层、油水同层、含油层以及水层的测井特征, 提出新的油水层识别方法, 提高了油水层识别的准确性。

1 油气地质特征

1.1 储层物性特征

莫西庄地区主要目的层埋深大于 4000m, 孔隙类型以次生溶蚀孔隙为主, 原生剩余粒间孔其次^[10]。根据莫西庄地区 680 块岩样物性分析资料, 储层孔隙度分布范围在 5%~17.3%, 平均 12.94%; 渗透率分布范围 0.1~410mD, 平均 62.62mD, 由此可见莫西庄地区 J_1s_2 主要为低孔、低渗储层^[8]。

1.2 储层含油特征

由于构造调整和油气重新分布, 降低了油气的分布丰度^[5~7], 莫西庄地区 J_1s_2 储层 301 个岩心含油

[收稿日期] 2014-08-12

[基金项目] 国家科技重大专项 (2011ZX05002-002)。

[作者简介] 曹建军 (1969-), 男, 高级工程师, 现从事油气勘探综合研究, slofcjj@126.com。

性实测数据表明：含油饱和度普遍较低，介于5%~70%，主要介于10%~50%，明显低于正常油层，整体具有物性越好、含油饱和度越低的特征（图1），同时具有分段性，该现象反映了储层含油非均质性较强的特点。含油饱和度较高的岩心渗透率介于6~80mD，而渗透率大于100mD的岩心含油饱和度最低（图2）。该现象与常规条件下油气成藏优先充注物性较好的储层相悖，是调整改造型油藏的重要标志之一，即物性较好、充满度较高的油藏比物性较差、充满度较低的油藏更容易调整散失，其结果是储层物性好的储层含油饱和度低，而相对较差的储层含油饱和度高^[5,6]。

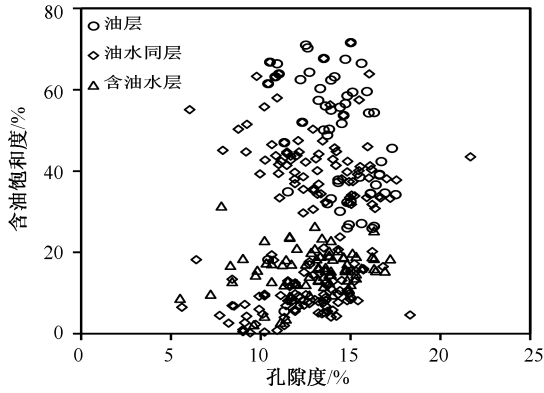


图1 含油饱和度与孔隙度关系图

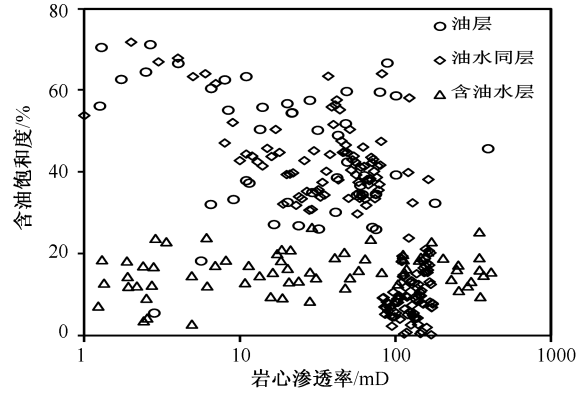
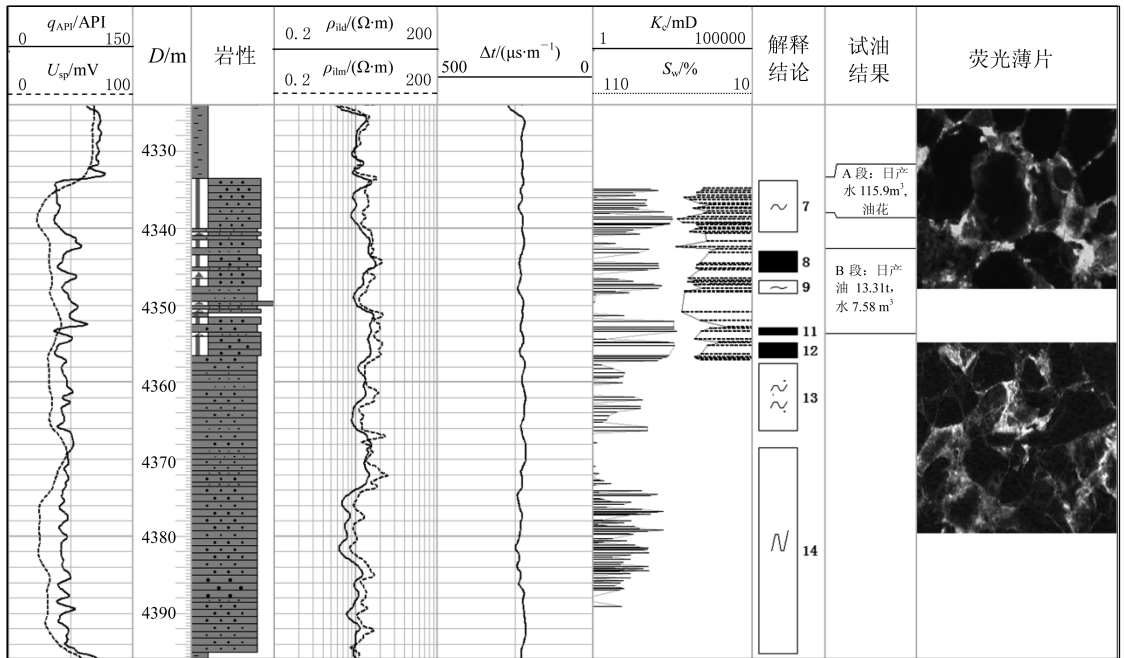


图2 含油饱和度与渗透率关系图

大量的试验研究显示^[3~6,10]，原始油层的孔隙空间，小孔隙或大孔隙的边缘被束缚水充填，大孔隙被未动的地层原油充填，随着油气层的开发或油气调整，油气在孔隙中分布状态会发生变化。如Z101井4333.5~4340m井段（A段）含油气级别为油浸，深感应电阻率（ ρ_{id} ）为9~10 $\Omega \cdot m$ ，孔隙度为12%~16%，测试为日产水115.9m³，含油花；4342.6~4353.8m井段（B段）含油级别为油浸、油斑， ρ_{id} 为12~16 $\Omega \cdot m$ ，孔隙度为10%~20%，测试为日产油13.31t，日产水7.58m³（图3）。



注： q_{API} 为自然伽马； U_{sp} 为自然电位； D 为井深； ρ_{im} 为中感应电阻率； Δt 为声波时差； K_c 为岩心分析渗透率； S_w 为含水饱和度。下同。

图3 Z101井测井综合图

产水段 (A 段) 与油水同出层段 (B 段) 含油级别虽然相同, 为什么产液性质截然不同呢? 从岩心分析资料看, 2 个测试段的含水饱和度总体相近, 但是产水段物性越好含水饱和度越低, 油水同出层段物性越好含水饱和度总体越高。同时, 荧光显微图像显示, 2 个井段油气的微观赋存状态是不同的: 4335.08m 处岩心荧光薄片, 小孔隙和粒间充填物被油气浸染, 呈亮黄色、黄色, 较大粒间孔隙为黄绿色, 孔隙边缘有很少绿黄色, 色差较大, 显示含油不饱满; 4344m 处岩心荧光薄片, 发光颜色以黄、棕黄为主, 粒间孔隙颜色为黄褐、黄绿色, 孔隙边缘有较多亮黄色, 色差相对较小, 显示以油为主。油气的微观赋存状态的差异应该是莫西庄地区大量储层油气显示级别较高, 但是测试为含水层或油水同层的原因。

1.3 油水层地化特征

地化热裂解分析方法是油藏地球化学在储层评价中的一个重要手段, 通过分析油藏有机流体成分的绝对、相对含量、组分组合特征, 评价储层的非均质性、油气的分布规律及进行油气水层的识别等。根据胜利油田分公司下属的 10 个油田 191 个层的数据统计, 含油气总量 (主要地化指标, 由实验室岩心热裂解分析提供) 与电阻率、产油性具有较好的关系^[11], 可以用来识别油气水层。

图 4 为莫西庄油田侏罗系三工河组 (J_{1s}) 含油气总量-电阻率交会图, 可以看出, 含油气总量与油、水层的关系较差。该区的地化指标不能作为油水层的识别依据, 仅能作为一种参考指标。含油气总量很低时储层肯定不能产油, 含油气总量较高时不一定产纯油, 含油气总量大于 7mg/g 时可以产纯油。

造成该区与胜利油田分公司下属的其他油田不同的原因是, 其他油田为原生油藏, 而该区油藏成藏后经历了数次构造运动, 油气发生了再次调整, 原来已经成藏的油气又发生了运移, 现有的储层可能赋存的是残余油, 虽然其地化指标较高, 但有可能产水或仅产少量的油。

2 油水层测井识别

2.1 油水层测井特征

调整改造型油藏由于油气成藏后发生了再次调整, 造成储层里油气饱和度较低或剩余大量的残余油, 致使产油层与产水层电阻率差异小, 给流体识别带来较大困难。据统计, 沙窝地、莫西庄地区完井测井解释符合率不到 60%。

通过对莫西庄地区 25 口井测井特征研究发现, 主要产油层侏罗系三工河组二段 2 砂组 ($J_{1s_2}^2$) q_{API} 、 U_{sp} 及孔隙度曲线反映出较好的孔、渗性, 地层电阻率 (ρ_t) 为 $12\sim 35\Omega\cdot\text{m}$, 与相近孔隙度的典型水层相比有 2~4 倍的关系, 且 ρ_{ild} 、 ρ_{ilm} 、八侧向电阻率 (ρ_{LLS}) 曲线呈低侵或重叠特征, U_{sp} 异常幅度较小; 油水同层 ρ_t 为 $11\sim 24\Omega\cdot\text{m}$, 与同井同孔隙度典型水层相比有 1.5~3 倍的关系, ρ_{ild} 、 ρ_{ilm} 、 ρ_{LLS} 曲线有低侵、重叠、高侵特征, 高侵为主, U_{sp} 异常幅度较大; 典型水层 ρ_t 为 $2.7\sim 13\Omega\cdot\text{m}$, 且 ρ_{ild} 、 ρ_{ilm} 、 ρ_{LLS} 曲线为明显高侵特征, U_{sp} 异常幅度最大 (见表 1)。可见油层、油水同层、含水层以及水层电阻率重叠区较多, 给准确识别油水层带来一定困难。

2.2 流体识别方法

利用传统的 $\rho_t-\Delta t$ 交会识别调整改造型油藏的油水层存在较大的不确定性, 从研究区油水层的测井

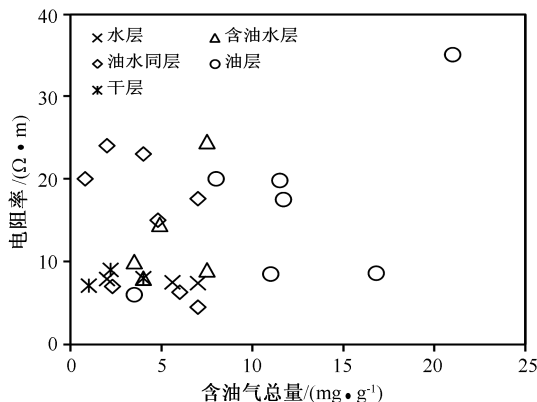


图 4 莫西庄地区含油气总量与电阻率关系图

表 1 沙窝地、莫西庄地区油水层测井特征

油水层类别	$\rho_t/(\Omega\cdot\text{m})$	ρ_{ild} 、 ρ_{ilm} 、 ρ_{LLS} 关系	U_{sp} 特征
油层	12~35	重叠或低侵	异常幅度较小
油水同层	11~24	重叠、低侵和高侵都存在, 高侵为主	异常幅度较大
含水层	7.2~11	$\rho_{ild} > \rho_{ilm} > \rho_{LLS}$, 差异大	异常幅度大
水层	2.7~13	$\rho_{ild} > \rho_{ilm} > \rho_{LLS}$, 差异大	异常幅度最大

特征分析, 油层、油水同层、含油水层以及水层除电阻率存在差别外, 在电阻率侵入关系、 U_{sp} 异常幅度等方面也存在差异。因此, 综合利用上述特征可以更准确地识别流体性质。

图5是自然电位相对幅度差与电阻率交会图, 该图显示油层、油水同层、含油水层以及水层区分效果较好, 但也存在部分重叠区。因此, 不能仅依据该方法识别油水层。

$$\Delta U_{sp} = \frac{U_{sp,b} - U_{sp}}{U_{sp,b} - U_{sp,w}} \quad (1)$$

式中: ΔU_{sp} 为自然电位异常幅度相对值, 1; $U_{sp,b}$ 为泥岩自然电位, mV; $U_{sp,w}$ 为水层自然电位, mV。

为此, 笔者加入了 ρ_{ild} 、 ρ_{ilm} 及电阻率综合指数 (I_r) 等参数, 以便更好地识别油水层。

$$\Delta\rho = \Delta\rho_{ild} - \Delta\rho_{ilm} \quad (2)$$

$$I_r = \frac{\rho_{ild}}{\Delta U_{sp}} + 2.11 \times \Delta\rho \quad (3)$$

式中: $\Delta\rho$ 为深、浅感应电阻率差值, $\Omega \cdot m$ 。

图6是 I_r - Δt 交会图, 该图显示油层、油水同层、含油水层以及水层的区分效果较好, 可以更准确地识别油水层。

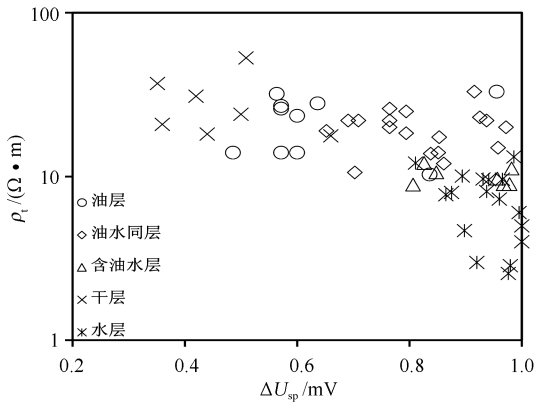


图5 莫西庄地区 ρ_i - ΔU_{sp} 交会图

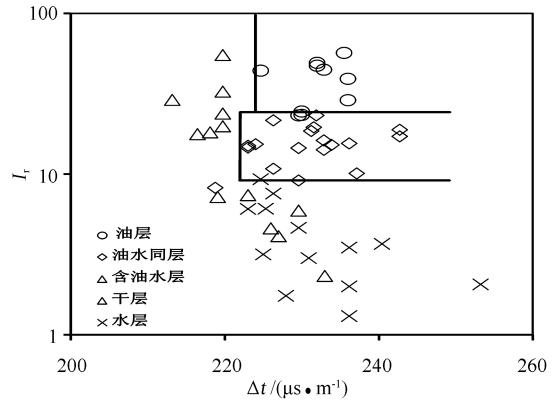


图6 莫西庄地区 I_r - Δt 交会图

3 结论

1) 调整改造型油藏由于油气再调整, 油和水的微观赋存状态与原装油层不同, 其地化特征也不同于原装油藏, 这是其产液多以油水同出或产水较多的原因。

2) 调整改造型油藏油水同层、含油水层等残余油较多, 油层、水层电阻率差异小, 常规测井识别流体性质的难度较大。综合考虑电阻率、电阻率侵入关系、自然电位异常幅度以及孔隙度等参数建立的流体识别图版, 可以更准确地识别流体性质。

[参考文献]

[1] 何登发, 翟光明, 况军, 等. 准噶尔盆地古隆起的分布与基本特征 [J]. 地质科学, 2005, 40 (2): 248~261.

[2] 朱允辉, 孟闲龙. 准噶尔盆地车-莫古隆起的形成演化及其对腹部油气成藏的影响 [J]. 中西部油气地质, 2005, 1 (1): 55~57.

[3] 佟殿君, 任建业, 任亚平. 准噶尔盆地中部车莫古隆起对油气的控制作用 [J]. 石油天然气学报, 2013, 35 (12): 56~61.

[4] 邹华耀, 郝芳, 张柏桥, 等. 准噶尔盆地腹部油气充注与再次运移研究 [J]. 地质科学, 2005, 40 (4): 499~509.

[5] 刘柏林, 王友启. 准噶尔中部1区块油藏成藏时期和油气充注特点 [J]. 石油天然气学报, 2010, 32 (2): 221~224.

[6] 史建南, 郝芳, 邹华耀, 等. 调整改造型隐蔽油气藏形成与分布模拟实验研究 [J]. 石油实验地质, 2006, 28 (6): 590~594.

[7] 李伟, 张枝焕, 李海平, 等. 准噶尔盆地中部1区侏罗系油藏古今油水界面及成藏史分析 [J]. 现代地质, 2005, 19 (3): 432~440.

[8] 张宇晓, 陈继华, 卢颖忠. 准中莫西庄地区储层和油水层判别标准 [J]. 中国西部油气地质, 2005, 1 (2): 185~188.

[9] 石元会, 徐流才, 张凤英, 等. 准噶尔盆地莫西庄构造录井油气显示解释 [J]. 江汉石油科技, 2006, 16 (2): 14~17.

[10] 郭平, 苑志旺, 易敏, 等. 低含油饱和度油藏油水渗流特征 [J]. 油气地质与采收率, 2007, 14 (1): 100~105.

[11] 苏国英. 地化气测录井资料在油水层识别中的应用 [J]. 测井技术, 2006, 30 (6): 551~553.