

文章编号:1001-6112(2012)05-0554-05

苏北盆地海安凹陷泰州组油层识别方法研究

赵高攀

(中国石油化工股份有限公司 江苏油田分公司 地质科学研究院,江苏 扬州 225009)

摘要:苏北盆地海安凹陷自上世纪80年代勘探以来,零星发现了多个含油断块。由于时间跨度大、资料录取分散,一直没有统一的油层识别技术与方法。该文在储层四性关系研究的基础上,利用钻井取心、测井、测试、试采及化验分析等多种资料进行综合,研究出了识别油层的方法与技术,提高了识别油水层的精确度。该方法在海安凹陷近期新发现的几个含油断块中的应用效果较好,对该区今后勘探开发井的测井解释提供了行之有效的方法,同时对下一步油气勘探开发中试油测试工作具有积极的指导作用。

关键词:物性标准;电性标准;四性关系;油层识别;泰州组;海安凹陷;苏北盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Identification of oil reserves in Taizhou Formation, Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

Zhao Gaopan

(Research Institute of Geology, SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: In the 1980s, petroleum explorations started in the Haian Sag of the Northern Jiangsu Basin, sporadically discovering several oil-bearing fault blocks. Due to long time span and dispersed data, there was no unified identification method for oil reserves. Based on the studies of reservoir properties, combined with the data from coring drilling, logging, well completing testing and production testing, the method for reserve identification was proposed in this paper, making the identification for oil and water formations more accurate. The method was applied in several recently discovered oil-bearing fault blocks in the Haian Sag, and was proved an effective method for logging interpretation of petroleum exploration and development. Meanwhile, it could guide oil testing works in the future.

Key words: physical property standard; electric property standard; relationship between “four properties”; oil reserve identification; Taizhou Formation; Haian Sag; Northern Jiangsu Basin

海安凹陷位于苏北盆地东侧,是晚白垩世发育起来的箕状断陷凹陷,凹陷内新生界(含泰州组)沉积最大厚度达5 200 m;受多条二级断层的分割,有北东、北西、近东西向3组正断层,其中曲北、海南、北凌、新街、富安、富东、安丰、曹灶及梁南断裂等构成凹陷的边界或将凹陷切割成数个次一级的次凹,凹陷呈现多次凹的构造局面。油气资源比较分散,油气藏规模较小。由于断层活动期与聚油期不配套,且储层上部厚层泥岩的覆盖,海安凹陷油气以侧向运移为主,同时在断距适中的三、四级断层的调整作用下,泰二段(K_2t^2)油气可在泰二段第二、三亚段及阜一段(E_1f^1)储层中聚集成藏^[1]。海安凹陷 K_2t 地层以三角洲沉积为主,其中下部 K_2t^1 储层为辫状河三角洲沉积,上部 K_2t^2 储层为曲流河三角洲沉积,岩性为一套灰、棕色泥岩与砂

岩互层,向下变粗,底部有砾石层,地层层序发育完整,演化特征明显^[2]。

1 储层特征

本区 K_2t 岩石类型主要为含云质岩屑长石石英粗粉砂—细砂岩;主要粒径0.05~0.2 mm,分选好,磨圆次棱状。碎屑成分:石英59.8%~77.6%,平均67.3%;长石12%~26.9%,平均19.0%;岩屑6.0%~20.3%,平均13.7%。胶结物以白云质为主,含量5.0%~25.8%,平均14.4%;灰质、泥质次之,含量均为5.0%。胶结类型以孔隙式、接触—孔隙式为主。

据海安凹陷多个孔渗资料统计分析,孔隙度在10.2%~29.9%之间,平均18.1%;渗透率($0.7\sim 6\ 427$) $\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$,平均 $184.9\ \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$,海安凹陷储层具中、低孔—中、低渗特征^[3](表1)。

收稿日期:2012-05-17;修订日期:2012-07-31。

作者简介:赵高攀(1984—),男,助理工程师,从事储量研究与测井解释。E-mail:zhaogp.jsyt@sinopec.com。

表1 苏北盆地海安凹陷各油田 K₂t 油层物性统计

Table 1 Physical properties of K₂t oil reserves in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

油田	层位	样品数/块	孔隙度/%		渗透率/10 ⁻³ μm ²		碳酸盐/%		代表井
			范围	平均	范围	平均	范围	平均	
XJ	K ₂ t	109	3.6~26.2	17.5	0.8~467	58.2	0.6~41.7	13.0	T7
LB	K ₂ t	100	6.8~26.1	20.2	0.9~554	118.0	5.3~29.8	13.0	B1
AF	K ₂ t	221	1.9~29.9	17.4	0.7~6 427	277.6	0.1~42.7	13.8	A10

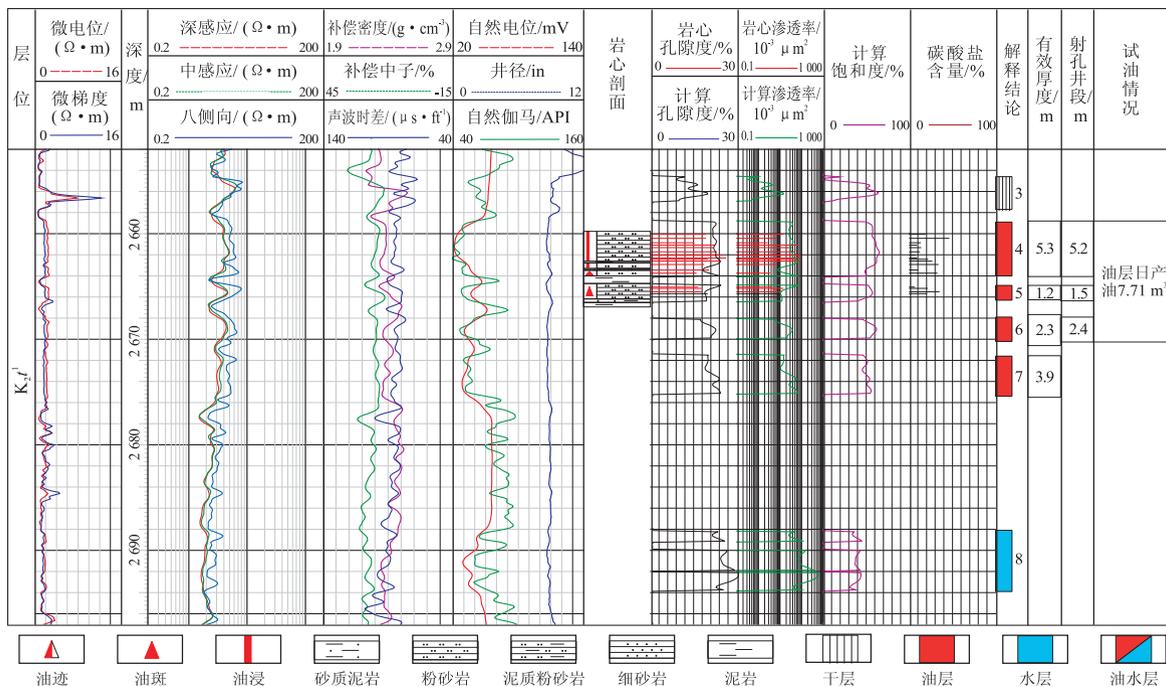


图1 苏北盆地海安凹陷 XJ 油田 TX14 井“四性”关系

Fig. 1 Relationship between “four properties” in well TX14, XJ Oil Field, Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

2 储层“四性”关系的认识

2.1 岩性与物性的关系

本区泰州组砂岩储层孔渗关系较好,呈正相关,孔隙度高的储层,渗透率也越高(图1)。同时泰州组砂岩储层物性也受碳酸盐含量影响,碳酸盐含量越高,物性越差,碳酸盐含量越低,物性越好^[4-5]。

2.2 岩性、物性和含油性的关系

从四性关系图可见,储层的含油性与岩性、物性的好坏有非常直接的关系。通常油浸、油斑级以上的储层,岩性相对较粗,碳酸盐和泥质含量相对较少,孔渗条件好,含油性好,且试油为油层;对于孔渗条件好,但含油级别较差的储层,一般为典型水层;而对于碳酸盐、泥质含量较高的储层来说,物性一般较差,含油级别也基本为不含油^[4]。电阻率是储层含油性的主要反映,即储层物性好、电阻率高,含油饱和度越高;反之越小^[6]。从图1中可以看出,海安凹陷岩性、物性和含油性与电性具有

很好的匹配关系。

3 油层识别方法

油层的识别,即油层解释是测井地质学及实际生产最主要的内容。油层的产油能力,取决于2个因素:一是岩层具有一定的储油能力,即有一定的孔隙度和含油饱和度;二是油层中的原油在现有技术条件下,能从岩层流向井筒,即具有一定的渗流能力。渗流能力与储层渗透率、原油地下粘度和油层压力有关^[7]。这些数值就是油层的下限值。

研究油层的基础资料有3种:一是测井资料;二是试油、试采和生产资料;三是取心、岩屑录井及各种分析化验资料。三者均有局限性,只有三者综合使用,互为补充和说明,才能有效确定油层的下限参数。

3.1 油层岩性、含油性标准

海安凹陷储层为孔隙性砂岩,通过对凹陷内取心井的岩心进行详细观察及滴水试验,发现泥质粉

砂岩和灰质粉砂岩基本不含油,滴水多为扩散,而中细砂岩、粉砂岩是主要的含油层。因此,油层岩性下限确定为粉砂岩。

通过对取心井的观察,发现油浸、油斑粉砂岩或中细砂岩电性显示较好,感应电阻率(RT)和底部6 m电阻率(R_6)值较高,一般大于 $4 \Omega \cdot m$ 。自然伽马低值,自然电位负异常明显,声波时差较大,试油基本为油层。而取心为油迹或无显示的粉细砂岩,感应电阻率仅 $1 \sim 2 \Omega \cdot m$,特别是 R_6 基本在 $2 \Omega \cdot m$ 以下,一般在 $1 \sim 1.6 \Omega \cdot m$ 之间。如T14断块TX14井 K_2t^1 4、5号层(井段2 659.09~2 666.24 m)取得油浸、油斑粉砂岩,其电性显示较好,深感应电阻率 $4.0 \sim 4.7 \Omega \cdot m$,自然伽马低值为 $45 \sim 50$ API, 4~6号层(井段2 659.9~2 668.3 m)合层试油,抽汲获得日产油 $7.71 m^3$ 的工业油流。AF1断块在AF2和AF6井均取得水砂。AF6井在2 339.11~2 370.86 m连续取心,取得灰色细砂岩和粉砂岩,物性非常好,岩心孔隙度达20%以上,渗透率在 $(200 \sim 500) \times 10^{-3} \mu m^2$ 之间,深感应电阻率仅 $1.7 \Omega \cdot m$, R_6 只有 $1.6 \Omega \cdot m$,声波时差为 $290 \mu s/m$,自然电位负异常达 $50 mV$ 。根据区域实际资料综合分析认为:油层含油性下限为油斑级别。

3.2 油层物性标准

物性标准是指通过取心获得的储层岩性、物性(孔隙度、渗透率)和含油性(含油饱和度)以及试油、生产资料指定的储层有效孔隙度、空气渗透率的下限^[8]。针对海安凹陷的实际情况,本次主要采用含油产状法、压汞分析法及正逆累积曲线法综合确定油层物性标准。

3.2.1 岩心含油产状法

根据本地区泰州组取心井375块岩心样品的含油级别及物性分析资料,建立了孔隙度、渗透率与含油产状关系图(图2)。从图2看出:含油级别为油斑及其以上级别的储层物性与油斑以下的储层物性有明显的界限,这一界限作为油层物性标准。

由此确定的 K_2t 油层物性标准为: $\Phi \geq 12.5\%$, $K \geq 1 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。

3.2.2 压汞分析法

岩心压汞分析资料中,毛细管中值压力指的是在压汞实验过程中,进汞饱和度达到50%时对应的毛细管压力^[9]。当岩心的物性较好,即孔隙度和渗透率较高时,毛细管中值压力较低,当孔隙度和渗透率降低时,毛细管中值压力会稍微变大;但当孔隙度和渗透率降低到一定程度,汞进入岩心所需的毛细管中值压力会变得很大^[10]。所以在毛细管中值压力与物性关系图中,就会出现一拐点,这一拐点所对

应的孔隙度与渗透率值就是油层的标准。

根据海安凹陷压汞分析资料,分别作出中值压力(P_{c50})与孔隙度(Φ)、渗透率(K)的关系图(图3, 4),由此确定的油层物性标准为: $\Phi \geq 12.5\%$, $K \geq 1.5 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。

3.2.3 正逆累积曲线法

根据海安凹陷 K_2t 储层多口井岩心资料,应用

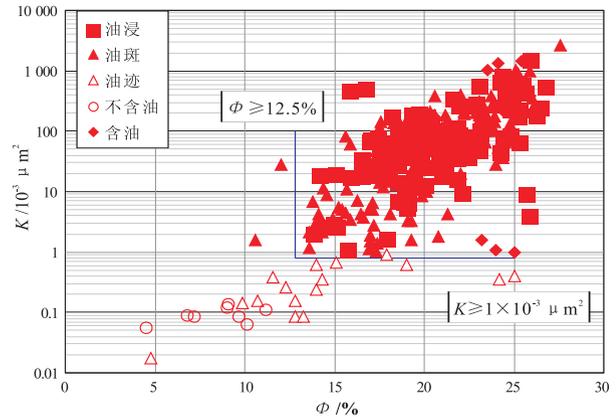


图2 苏北盆地海安凹陷 K_2t 孔隙度、渗透率与含油产状关系

Fig.2 Relationship between porosity, permeability and oil-bearing occurrence of K_2t oil reserves in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

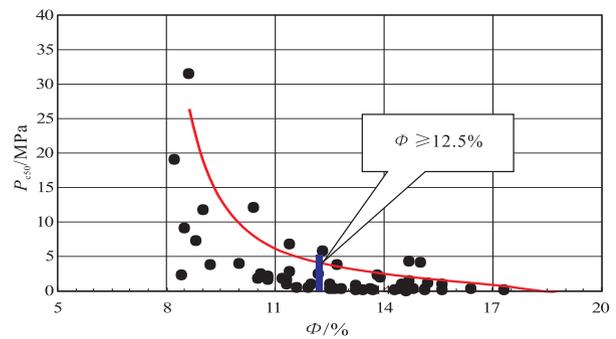


图3 苏北盆地海安凹陷中值压力与孔隙度关系

Fig.3 Relationship between median pressure and porosity, Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

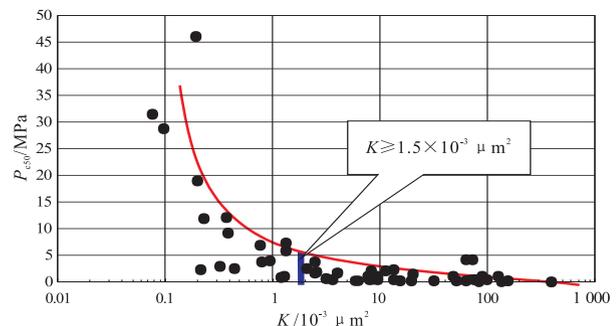


图4 苏北盆地海安凹陷中值压力与渗透率关系

Fig.4 Relationship between median pressure and permeability, Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

概率统计法将本区孔隙度样和渗透率样按含油产状,油斑及油斑级别以上样品作为油砂正累积,油迹及油迹级别以下样品作为非油砂逆累积,作出孔隙度和渗透率的正逆累积曲线,2条曲线交点对应的物性值就是油层物性标准(图5,6)。由正逆累积交会法确定的油层物性标准为: $\Phi \geq 12.8\%$, $K \geq 1.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

通过以上3种方法确定的物性标准基本一致,因此综合确定海安凹陷 K_2t 储层标准为: $\Phi \geq 12.5\%$, $K \geq 1.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

3.3 油层电性标准

电性标准是利用测井资料与岩心、试油资料相结合,与电性参数建立一定形式的对应关系或转换关系,建立油层识别的标准^[11]。

海安凹陷 K_2t 为三角洲前缘亚相沉积,砂岩发育且连通性较好。通过岩电对应关系的研究,深感应电阻率对含油性有较好的反映,油、水层深感应电阻率差异较为明显。油层深感应电阻率在 $4.0 \Omega \cdot \text{m}$ 以上,典型水层的电阻率小于 $4.0 \Omega \cdot \text{m}$ 。

利用海安凹陷多口具有代表性的油井的电性

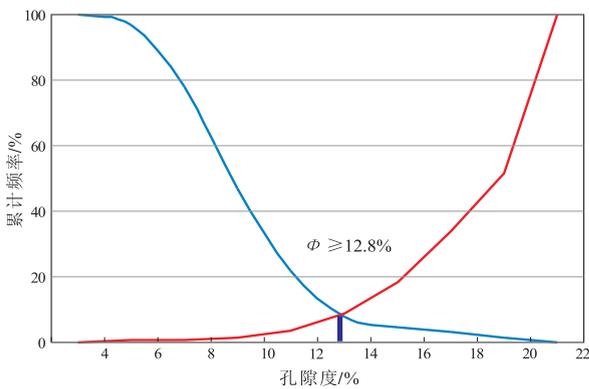


图5 苏北盆地海安凹陷 K_2t 储层孔隙度下限

Fig. 5 Porosity cutoff of K_2t reservoir in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

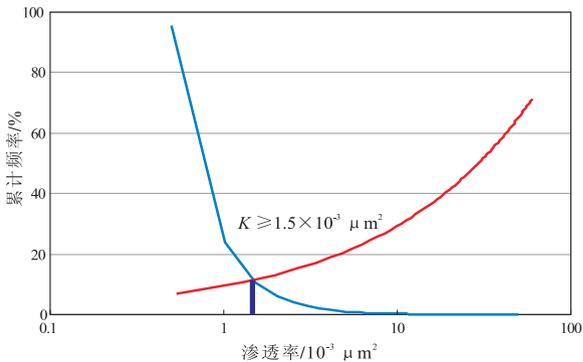


图6 苏北盆地海安凹陷 K_2t 储层渗透率下限

Fig. 6 Permeability cutoff of K_2t reservoir in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

资料,绘制 K_2t 声波时差 (Δt) 与深感应电阻率 (RT) 的交会图(图7)、孔隙度和含油饱和度 (S_o) 交会图(图8)。从图中可以明显判断出油、水、干层。

由此确定的油层电性标准为: $\Delta t \geq 227 \mu\text{s}/\text{m}$, $RT \geq 4.0 \Omega \cdot \text{m}$, $\Phi \geq 11.9\%$, $S_o \geq 47\%$ 。

3.4 综合确定 K_2t 油层识别下限

通过含油产状法、压汞法、正逆累积曲线法以及制作的电性图版,综合确定海安凹陷 K_2t 油层识别下限(表2)。岩性下限为粉砂岩;含油性下限为油斑;物性下限: $\Phi \geq 11.9\%$, $K \geq 1.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, $S_o \geq 47\%$;油层电性下限 $\Delta t \geq 227 \mu\text{s}/\text{m}$, $RT \geq 4.0 \Omega \cdot \text{m}$ 。

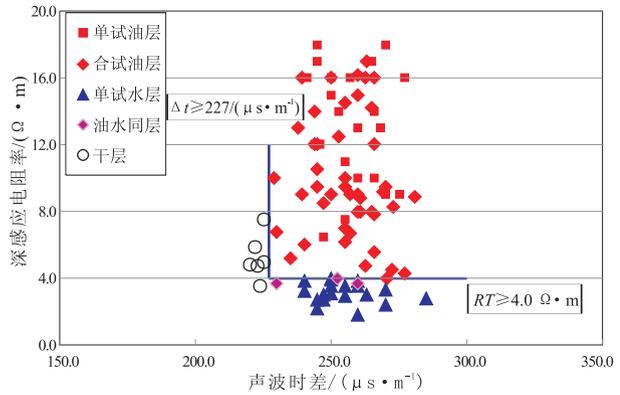


图7 苏北盆地海安凹陷 K_2t 声波时差—深感应电阻率交会图

Fig. 7 Cross plots of AC-HDRS of K_2t reservoir in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

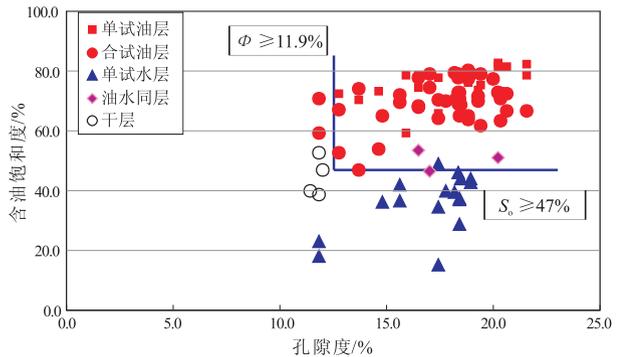


图8 苏北盆地海安凹陷 K_2t 孔隙度—含油饱和度交会图

Fig. 8 Cross plots of porosity-oil saturation of K_2t reservoir in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

表2 苏北盆地海安凹陷 K_2t 油层识别标准统计

Table 2 Criterion of identification methods for K_2t reservoir in Haian Sag, Northern Jiangsu Basin

储层性质	$\Delta t / (\mu\text{s} \cdot \text{m}^{-1})$	$RT / (\Omega \cdot \text{m})$	$\Phi / \%$	$K / 10^{-3} \mu\text{m}^2$	$S_o / \%$
油层	≥ 227	≥ 4	≥ 11.9	≥ 1.5	≥ 47
水层	≥ 227	< 4	≥ 11.9	≥ 1.5	< 47
干层	< 227	< 11.9	< 11.9	< 1.5	< 47

4 结论

1)通过四性关系研究,详细研究了海安凹陷 K_2t 油层识别方法,综合确定了 K_2t 油层岩性下限、含油性下限、物性下限和电性下限。

2)采用海安凹陷油层识别方法,在近几年新区块的测井解释中,共解释了 5 个含油区块几十口生产井,应用效果较好,研制的油层识别标准精度较高,指导滚动勘探开发井的测井解释,提高解释成功率。

3)更好的认识了海安凹陷泰州组砂岩储层的电性特征,对今后的石油勘探工作具有积极的指导作用。

参考文献:

[1] 陆英,梁兵,杨立干.海安凹陷油气分布特征与成藏控制因素[J].石油天然气学报,2008,30(1):45-49.

[2] 唐在秋,林式微,毕建福,等.海安南地区泰一段储层影响因

素分析[J].复杂油气藏,2011,4(3):47-48.

[3] 张娟,陈晶,吴峰.苏北盆地海安凹陷泰一段高分辨率层序地层研究[J].复杂油气藏,2011,4(2):18-22.

[4] 熊歆睿,王洪辉,周波,等.古城油田 B 区核三段主力油层储层特征研究[J].石油地质与工程,2011,25(6):10-11.

[5] 朱敏敏,李亚辉,张义娜,等.苏北盆地东南部泰州组砂岩储层孔隙类型及有利储层评价[J].地球科学与环境学报,2011,33(3):246-252.

[6] 关春燕.杏树岗油田扶杨油层油层识别方法研究[J].石油地质与工程,2011,25(5):75-76.

[7] 施尚明,关帅,韩建斌,等.高台子油田扶杨油层油层识别评价方法研究与应用[J].科学技术与工程,2011,11(13):2897-2901.

[8] 范佃胜,柳成志,张景军,等.辽河断陷齐 3-17-5 块莲花油层储层“四性”关系研究[J].价值工程,2012(3):36-37.

[9] 孔祥礼,宋建华.新疆 MXZ 油田储层有效厚度划分标准[J].测井技术,2006,30(2):154-156.

[10] 田芹,申晓娟,汪佳荣,等.毕店地区储层电性特征研究[J].石油地质与工程,2011,25(3):49-50.

[11] 张庆国,王硕,冯小东,等.大情字井油田高阻水层成因分析与识别方法[J].科学技术与工程,2011,11(34):8444-8446.

(编辑 黄娟)

~~~~~  
(上接第 553 页)

[2] 赵春明,田晓平,郭铁恩,等.海上河流相砂岩油田储量评价研究[M]//陈永武.全国油气储量评价方法与技术进展:第一辑.北京:石油工业出版社,2009:26-37.

[3] 刘志霞,孙培安,陈同飞,等.复杂油水带油层精细识别技术及在储量计算中的应用[M]//陈永武.全国油气储量评价方法与技术进展:第一辑.北京:石油工业出版社,2009:46-53.

[4] 曾文冲.油气藏储集层测井评价技术[M].北京:石油工业出版社,1991.

[5] 杨佑通,陈元千.石油及天然气储量计算方法[M].北京:石油工业出版社,1991.

[6] 卞炜,卢显荣,张云峰,等.测井精细解释技术在老油田挖潜中的应用[J].石油天然气学报,2010,32(5):268-270.

[7] 塞拉 O.测井解释基础与数据采集[M].北京:石油工业出版

社,1992.

[8] 张岐,黄文科,刘茂果,等.靖边气田碳酸盐储层精细描述[J].石油化工应用,2011,30(11):47-50.

[9] 余刚,姚志刚,高珊,等.延 Y 井区下盒子组储层测井精细解释模型研究[J].国外测井技术,2011(5):31-34.

[10] 赵为永,陈宏民,李松东,等.乌南油田 N21 油藏储层“四性”关系研究[J].断块油气田,2008,15(4):56-59.

[11] 雍世和,张超谟.测井数据处理与综合解释[M].东营:石油大学出版社,2002:121-133.

[12] 胡洪,何洋,任新迎,等.塔河东河塘组测井精细解释模型研究[J].国外测井技术,2009(1):20-23.

[13] Prensly S. Recent advances in well logging and formation evaluation[J]. World Oil,2010,231(6):51-57.

(编辑 徐文明)