

文章编号:1001-6112(2012)05-0549-05

测井精细解释在 FMN 油田储量挖潜中的应用

吴小林,刘志霞,邓 辞

(中国石化 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 FMN 油田断块多而小、含油井段长、含油带窄、含油层系多,在古近系三垛组一段(E_2s^1)、戴南组戴二段(E_2d^2)、戴一段(E_2d^1)均发现油层,物性由 E_2s^1 、 E_2d^2 、 E_2d^1 依次变差,纵向变化较大,油水关系复杂,每个含油层系的储层电性存在较大差异。针对目前 FMN 油田油、水和干层识别的难题,综合利用岩心、测井、试油、生产等资料,从储层四性关系研究入手,结合该油田的储层物性、电性等特征,有针对性地建立了各层段较精确的油、水、干层的物性、电性识别标准,并将其运用到实际石油勘探开发生产和储量挖潜中,效果显著。

关键词:测井精细解释;下限标准;储量挖潜;古近系;FMN 油田;苏北盆地

中图分类号:TE15

文献标识码:A

Application of accuracy logging interpretation in FMN oil field reserve evaluation

Wu Xiaolin, Liu Zhixia, Deng Ci

(Academy of Geological Research, SINOPEC Jiangsu Oilfield Company, Yangzhou, Jiangsu 225009, China)

Abstract: In the FMN oil fields of the Northern Jiangsu Basin, small fault blocks are in large quantity. The oil-bearing intervals in production wells are very long and the oil zones are narrow. There are many oil-bearing formations. In the 1st section (E_2s^1) of the Sanduo Formation as well as the 2nd (E_2d^2) and the 1st (E_2d^1) sections of the Dainan Formation, oil reserves have been found, and physical properties decrease with obvious vertical variance from E_2s^1 , E_2d^2 to E_2d^1 . Oil and water relationship is complicated. The electric properties of oil-bearing series are different. In view of the difficulties of oil, water, and dry layers identification in the FMN oil fields, the relationship between reservoir properties has been studied based on the data of core, logging, well-testing and production. Combined with the physical and electric features of reservoir, the physical and electric identification criteria for oil, water and dry layers has been established. The criteria has been applied in exploration and proved effective.

Key words: accuracy logging interpretation; lowest limit criteria; reserve evaluation; Paleogene; FMN oil field; Northern Jiangsu Basin

FMN 油田构造位置位于苏北盆地东台坳陷高邮凹陷深凹带中部,其南有真②大断层,北有汉①断层,西接樊川次凹,东邻刘五舍次凹,为一被断层复杂化的向南倾伏的断鼻构造。FMN 油田大断层及次一级的断层十分发育,把断鼻构造切割成大小不等的数个断块,油田的油层、水层、干层的识别存在较大的难度。本文针对 FMN 油田的储层特征,展开了储层测井精细解释,并进行了储量潜力研究。

1 储层特征

FMN 油田含油层系主要为古近系始新统三垛

组一段(E_2s^1)、戴南组二段(E_2d^2)、一段(E_2d^1)。储层岩性主要为细—中砂、中—细砂、细砂岩,少量粉砂岩或砂砾岩。颗粒组分中石英 59.5%,长石 21.2%,岩屑 19.4%。 E_2s^1 属于河流相沉积,主要为曲流河和辫状河 2 个亚相; E_2d^2 主要为三角洲和扇三角洲相沉积,主要的微相类型有水下分流河道、河口坝、远砂坝和席状砂等; E_2d^1 主要为三角洲相与近岸浊积扇。

据 FMN 油田岩心的物性分析资料统计(表 1),本区储层(E_2s^1 、 E_2d^2 、 E_2d^1)物性由浅及深依次变差。

收稿日期:2012-05-17;修订日期:2012-07-31。

作者简介:吴小林(1984—),女,硕士,助理工程师,从事油田储量评价研究工作。E-mail:81597275@qq.com。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05005-003)资助。

表1 苏北盆地 FMN 油田储层评价

Table 1 Formation evaluation of FMN oil fields in Northern Jiangsu Basin

层位	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	储层评价
E_2s^1	18.7 ~ 30.9/25.5	16.3 ~ 2 098/937.2	中高孔高渗
E_2d^2	15.6 ~ 23.1/19.4	7.4 ~ 1 027/238.8	中孔中渗
E_2d^1	10.0 ~ 22.4/14.3	1.0 ~ 502/73.6	低孔中低渗

注:表中算式意义为:最小值~最大值/平均值。

FMN 油田各含油层系的油层、水层电性特征差异比较明显: E_2s^1 储层自然电位负异常明显,油层的电阻率主要在 $10.0 \Omega \cdot \text{m}$ 以上,油水同层电阻率在 $3 \sim 10 \Omega \cdot \text{m}$ 之间,典型水层电阻率在 $1.0 \sim 3.0 \Omega \cdot \text{m}$ 之间; E_2d^2 储层自然电位负异常明显,油层的电阻率主要在 $7.0 \sim 15.0 \Omega \cdot \text{m}$ 之间,水层电阻率在 $1.0 \sim 3.0 \Omega \cdot \text{m}$ 之间; E_2d^1 储层油层的电阻率相对要高,主要在 $10.0 \sim 25.0 \Omega \cdot \text{m}$ 之间,水层电阻率主要在 $4.0 \sim 10.0 \Omega \cdot \text{m}$ 之间。

2 测井精细解释

测井精细解释是以岩心资料为基础,测井解释为手段,以试油验证为依据,细分砂层组建立有效

的识别油、水、干层的标准^[1-13]。通过 FMN 油田的储层特征研究发现,采油井含油井段较长,从上到下随着深度的增加,物性由好逐渐变差,含油层系之间电性也存在差异。

2.1 储层物性标准

建立有效厚度的物性标准,也就是确定油层的孔隙度与渗透率下限值。主要通过岩心含油产状法、中值压力法综合确定。

2.1.1 岩心含油产状法

岩心是最直接的静态资料,岩心描述中一般将储层的含油产状分为:油浸、油斑、油迹、荧光等。由取心段试油资料统计,绝大多数砂岩段出油的含油级别在油斑级及油斑级以上,因此将油斑级定为含油级别的下限。应用概率统计法将 FMN 油田多块孔隙度样和渗透率样分层位按含油产状分为 2 类:一类是岩心含油级别在油斑级及油斑级以上的样品作为油砂,称为正累计;一类是岩心含油级别为油迹级及油迹级以下样品作为非油砂,称为逆累计。绘制孔隙度和渗透率的正、逆累计曲线,2 条线的交点对应的孔隙度和渗透率值就是含油产状法确定的油层物性下限(图 1)。

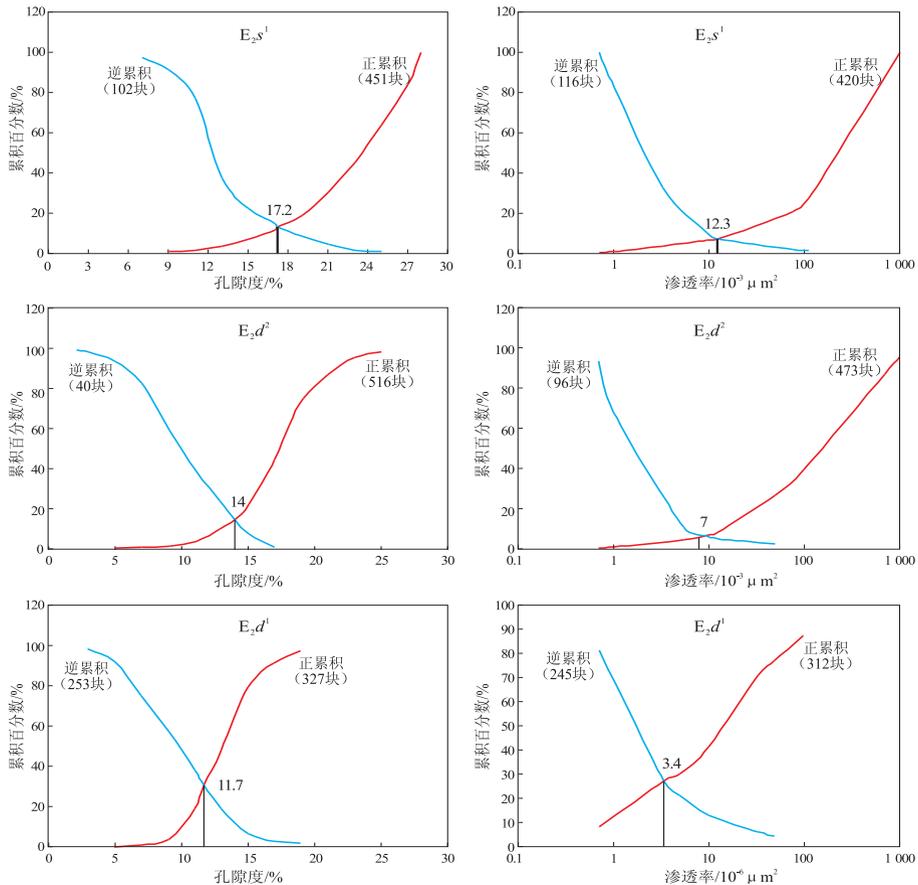


图1 苏北盆地 FMN 油田 E_2s^1 、 E_2d^2 、 E_2d^1 孔隙度、渗透率下限标准

Fig. 1 Lowest limit criteria of porosity and permeability of E_2s^1 , E_2d^2 and E_2d^1 in FMN oil fields, Northern Jiangsu Basin

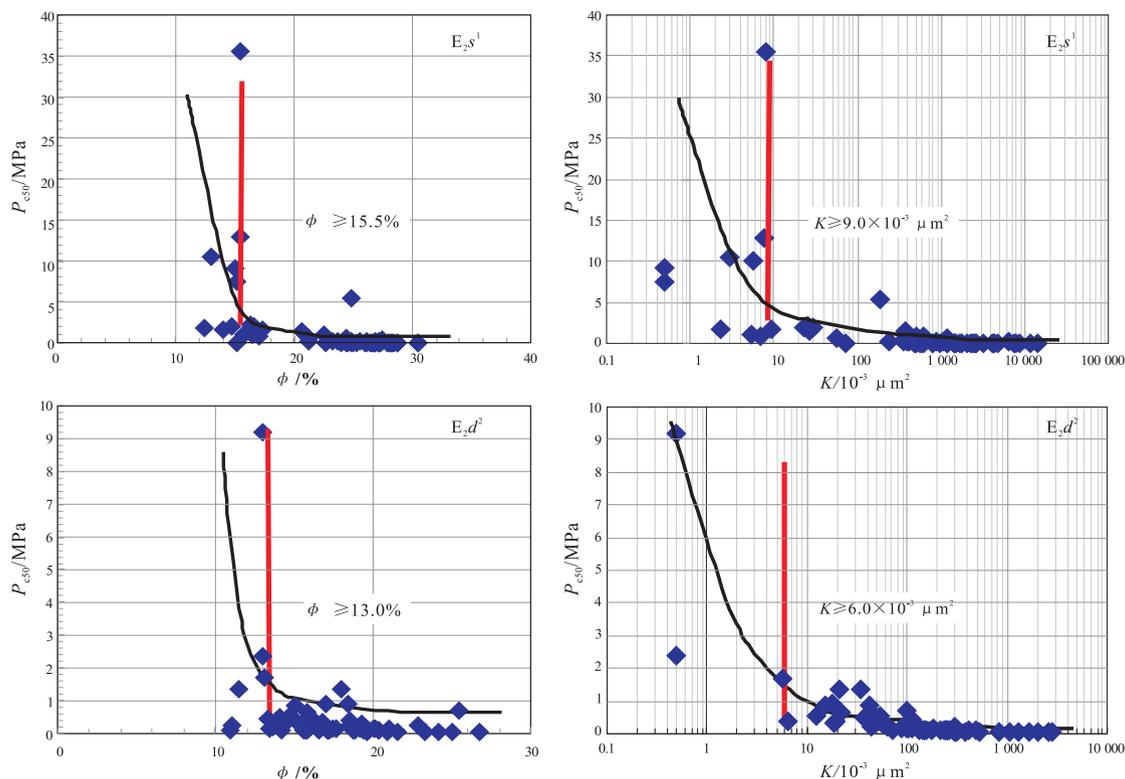


图2 苏北盆地 FMN 油田 E_2s^1 和 E_2d^2 孔隙度、渗透率与中值压力交会图

Fig. 2 Cross plots of P_{c50} and porosity-permeability of E_2s^1 and E_2d^2 in FMN oil fields, Northern Jiangsu Basin

2.1.2 中值压力法

中值压力法是利用压汞过程中的中值压力,分别与岩心分析的孔隙度、渗透率建立交会图。由于储层微观结构的差异,中值压力和孔隙度、渗透率关系图上有明显的分界点,分界点两侧物性有明显的差异。一侧岩心的孔喉连通性好,物性好;另一侧岩心的孔喉连通性弱,物性差。因此分界点对应的物性值定为储层的物性下限(图2)。

利用岩心产状法和中值压力法共同确定了 FMN 油田 3 个含油层系的储层物性下限(表2)。

2.2 储层电性标准

对于未取心井段,有效储层的划分主要是依据

表2 苏北盆地 FMN 油田储层物性下限

Table 2 Lowest limit criteria of physical properties of reservoirs in FMN oil fields, Northern Jiangsu Basin

方法	层位	孔隙度下限 /%	渗透率下限/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$
含油产状法	E_2s^1	17.2	12.3
	E_2d^2	14.0	7.0
	E_2d^1	11.7	3.4
中值压力法	E_2s^1	15.5	9.0
	E_2d^2	13.0	6.0
	E_2s^1	15.5	9.0
综合取值	E_2d^2	13.0	6.0
	E_2s^1	15.5	9.0
	E_2d^1	11.7	3.4

电性标准进行的。研究发现深感应电阻率(R_t)对于判断油、水层具有直观性;6米梯度电阻率(R_6)在砂泥岩剖面对油、水层具有较高的分辨率。本次研究主要选择了深感应电阻率、6米梯度电阻率、声波时差(Δt)及孔隙度(φ)等参数建立交会图,由此确定油、水、干层电性标准(图3)。

综合研究,FMN 油田储层电性标准见表3。

3 应用效果

运用本次建立的储层下限标准对 FMN 油田 42 口井进行了储层精细解释,增划了油层有效厚度 58.8 m,油水同层有效厚度 47.5 m。其中 CF86 井的 14 号层(图4),测井一次解释为油水同层,运用此次建立的标准解释为油层;该层经试油,压裂后日产油为 9.4 t,试油结论为油层。F86-1A 井的 9 号层,测井一次解释为油水同层,运用此次建立的标准解释为油层;该层经试油,压裂后日产油为 7.8 t,试油结论为油层。上述2层试油的成功验证了 FMN 油田的储层下限标准良好的应用效果。

4 结论

1) FMN 油田的 E_2s^1 、 E_2d^2 、 E_2d^1 储层的物性依次变差,各砂层组储层之间的电性也存在差异。

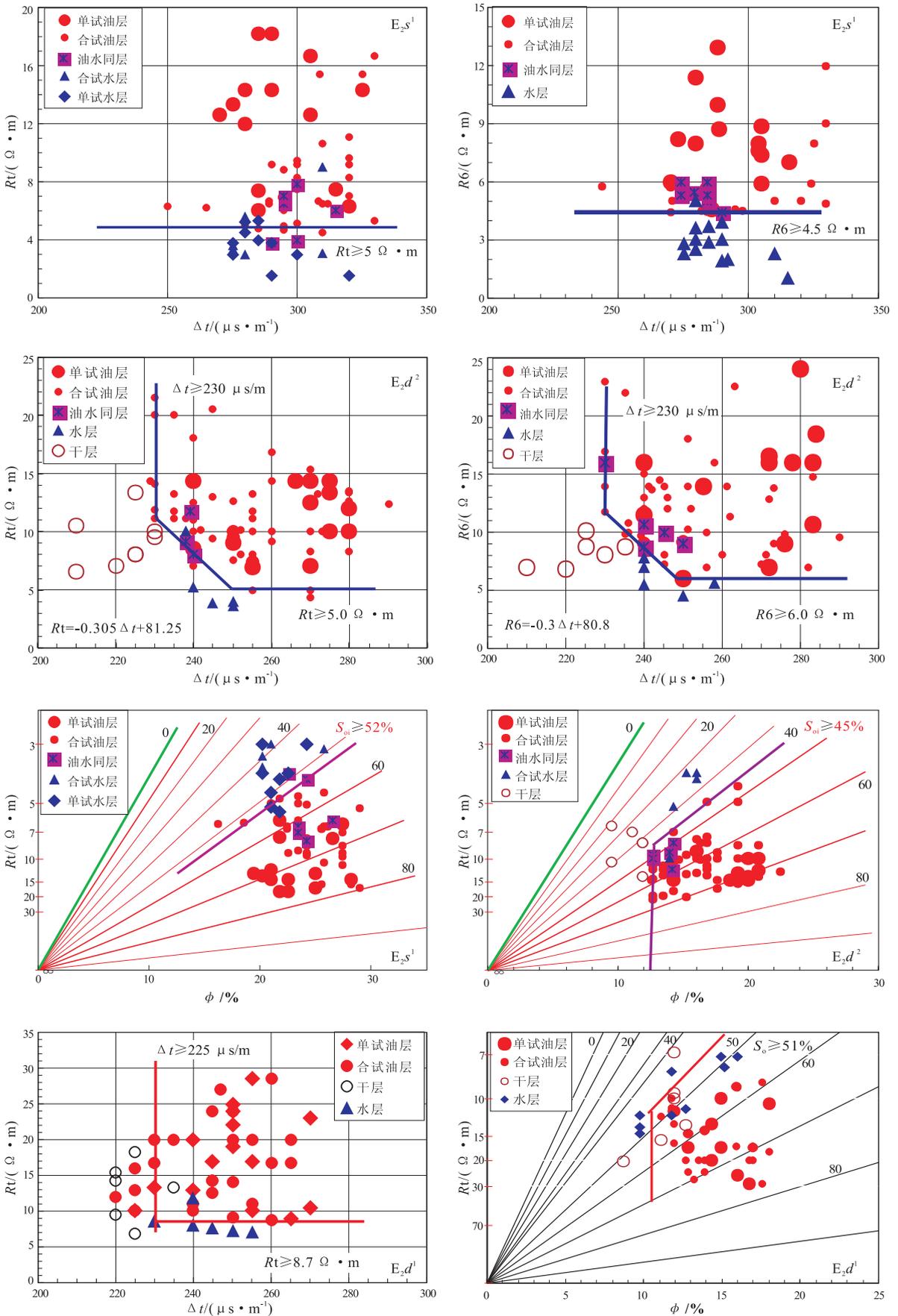


图3 苏北盆地 FMN 油田 E_2s^1 、 E_2d^2 、 E_2d^1 砂岩电性标准下限关系

Fig.3 Lowest limit criteria of electric properties of E_2s^1 , E_2d^2 and E_2d^1 sandstones in FMN oil fields, Northern Jiangsu Basin

表3 苏北盆地 FMN 油田各储层电性标准

Table 3 Criteria of reservoir electric properties of FMN oil fields, Northern Jiangsu Basin

层位	储层性质	$Rt/(\Omega \cdot m)$	$R6/(\Omega \cdot m)$	$\Delta t/(\mu s \cdot m^{-1})$	$S_{oi}/\%$
E_2s^1	油层	≥ 5.0	≥ 4.5		≥ 52
	水层	< 5.0	< 4.5		< 52
	干层				
E_2d^2	油层	$\geq -0.305\Delta t + 81.25$ ≥ 5.0	$\geq -0.3\Delta t + 80.8$ ≥ 5.0	$250 \geq Rt \geq 230$ ≥ 250	≥ 45 ≥ 45
	水层	$< -0.305\Delta t + 81.25$ < 5.0	$< -0.3\Delta t + 80.8$ < 5.0	$250 \geq Rt \geq 230$ ≥ 250	< 45 < 45
	干层			< 230	
	油层	≥ 8.7		≥ 225	≥ 51
E_2d^1	水层	< 8.7		≥ 225	< 51
	干层			< 225	

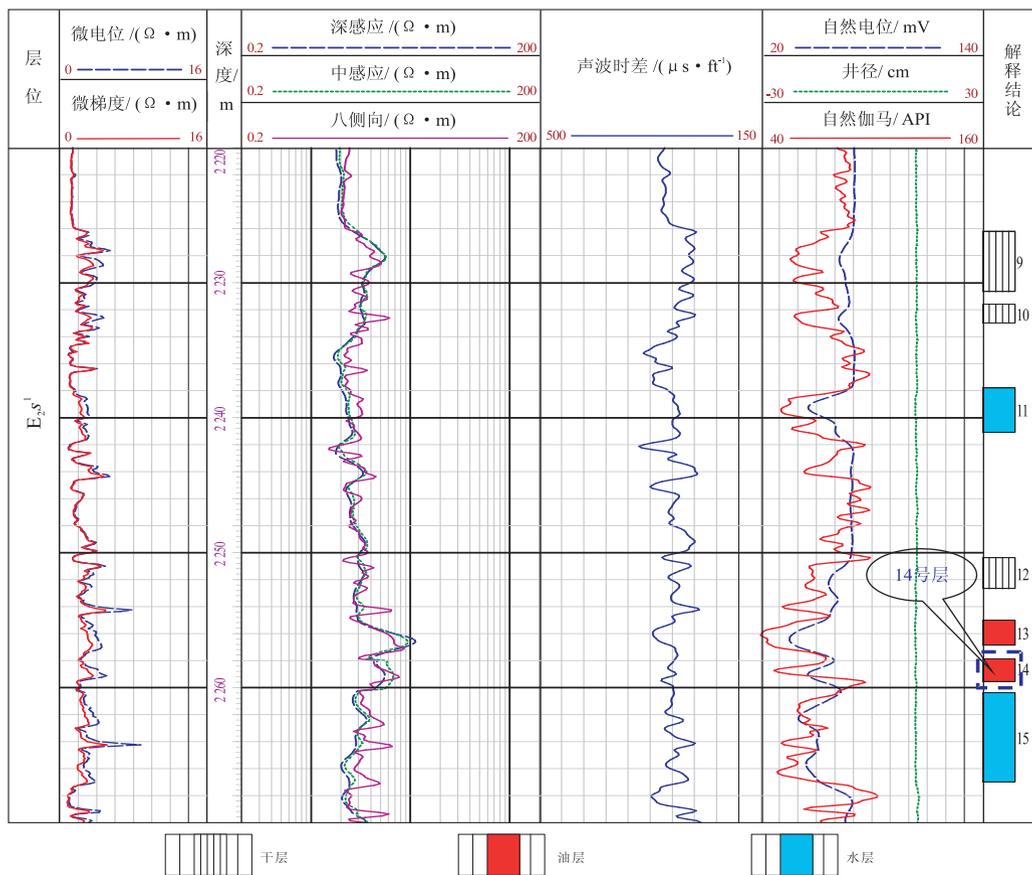


图4 苏北盆地 FMN 油田 CF86 井精细解释成果

Fig. 4 Accuracy interpretation logging plots of well CF86 in FMN oil fields, Northern Jiangsu Basin

2) 针对3套含油层系、不同的储层,建立相应的物性、电性下限标准用于 FMN 油田 42 口井的测井精细解释,增划了油层和油水同层的有效厚度。并通过试油试采验证此标准的建立合理、适用,后期生产运用效果好。

3) 运用该研究成果,对 FMN 油田的 F5、F43、F86 等多个含油断块近 20 个井区多口井的储层进行精细解释,识别了有效储层,划分了有效厚度,挖

潜增储 144.00×10^4 t,充分展示了 FMN 油田的勘探开发潜力。

参考文献:

[1] 韩斌. 试油资料在油气勘探与储量计算中的应用[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,2009:3-17.

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)