

ZW地区三垛组一段油层精细识别及复查

赵高攀

中国石化江苏油田分公司勘探开发研究院, 江苏 扬州

收稿日期: 2022年6月19日; 录用日期: 2022年7月22日; 发布日期: 2022年7月29日

摘要

ZW油田是高邮凹陷的主力产油区, 其三垛组(E_{2s})油气藏埋深相对较浅、储层发育、储集物性条件优越、单井产量高, 具有很好的商业开采价值。针对该区E_{2s}储层, 该文在综合钻井取心、测井、测试、试采及化验分析等多种资料研究的基础上, 开展了储层“四性”关系研究, 分析了影响电性特征的主要因素, 建立了油水层精细识别图版, 提高了识别油水层的精确度, 挖潜了一批油层, 优选有利井段进行调层、补层试油及投产, 取得了较好的经济效益。

关键词

三垛组, 四性关系研究, 精细识别, 增储上产

Fine Identification and Re-Examination of the First Member of Sanduo Formation in ZW Area

Gaopan Zhao

Research Institute of Exploration and Development, Sinopec Jiangsu Oilfield Branch, Yangzhou Jiangsu

Received: Jun. 19th, 2022; accepted: Jul. 22nd, 2022; published: Jul. 29th, 2022

Abstract

ZW oilfield is the main oil producing area in Gaoyou sag, and its Sanduo formation (E_{2s}) oil and gas reservoir has relatively shallow buried depth, reservoir developed, superior reservoir physical conditions and high single well production, which has good commercial exploitation value. For the E_{2s} reservoir in this area, based on the comprehensive research of drilling coring, logging, testing, production test and laboratory analysis, this paper analyzes the relationship between “four properties” of the reservoir, analyzes the main factors affecting the electrical characteristics, establishes the

fine identification chart of oil-water layer in the zoning, improves the accuracy of identifying oil-water layer, excavates the potential of a number of oil layers in the old area, selects favorable well sections for layer adjustment, layer supplement, oil test and production, good economic benefits have been achieved.

Keywords

Sanduo Formation, Relationship between “Four Properties”, Fine Recognition, Increase Reserves and Production

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

江苏油田四十余年的勘探开发实践充分证明, 油田储量、产量的持续增长都伴随着相关技术的快速发展。就当前油田发展形势而言, 勘探、开发难度不断加大已呈总体趋势, 特别是随着国际原油价格断崖式下跌, “高效勘探、效益开发”成了油田勘探开发的主旋律。因此, 储层埋深浅、储层物性好、单井产量高的中浅层成为了有利目标层系。虽然高邮凹陷 E_{2s} 具有较高的勘探、开发潜力, 但是整体来说, E_{2s} 并非高邮凹陷勘探开发的主力层系, 相对来说研究程度低、取得的成果少, 由于受历史资料和技术条件的制约, 以及前期对 E_{2s} 重视程度不够, 较多钻井在针对 E_{2s} 解释过程中, 往往会造成油气层的漏失, 从而在一定程度上影响了勘探开发进程。

本次研究的高邮凹陷三垛组是苏北盆地 6 个主要含油层系之一[1] [2] [3] [4], 其中的 ZW 油田是 1974 年发现的老油田, 该油田三垛组(E_{2s})油藏埋深相对较浅、储层发育、储集物性条件优越、单井产量高, 具有很好的商业开采价值。

针对高邮凹陷 ZW 油田 E_{2s} 油藏, 本次研究系统性地开展了储层评价, “四性”关系剖析、油水层精细识别等研究, 在此基础上进行了油气层的精细复查, 挖潜了一批含油层系, 为油田的增储上产、降本增效起到了积极的作用。

2. 区域地质特征

ZW 油田地处苏中平原, 地势平坦, 河流纵横, 为苏北典型的水乡地貌。区域构造位置在苏北盆地东台拗陷高邮凹陷江都 - 吴堡 - 博镇断裂带西部, 西为邵伯次凹, 东北为樊川次凹。构造主体处于 Z② 断层下降盘, 是一个在滚动背斜构造格局上被断层和岩性复杂化了的断块油田。

研究表明[5] [6] [7], 该地区地层自上而下依次为第四系东台组(Qd)、新近系盐城组(Ny)、古近系三垛组(E_{2s})、戴南组(E_{2d})、阜宁组(E_{1f})。受三垛运动及吴堡运动影响, 三垛组顶面和阜宁组顶面分别是两个区域不整合面(表 1)。古近系三垛组分为 E_{2s2} 、 E_{2s1} 两个层段, 其中 E_{2s1} 又分为 E_{2s1}^1 、 E_{2s1}^2 、……、 E_{2s1}^7 等七个砂层组。本次研究区油藏主要集中在 E_{2s1} 。

高邮凹陷 E_{2s1} 油气藏主要以构造圈闭为主, 前人对 E_{2s1} 的分析主要关注圈闭落实状况、下伏 E_{1f4} 烃灶供给油源条件[8] [9] [10] [11]、圈闭断层封堵性能[4] [12] [13]以及宏观的储盖特征。研究表明[5] [6] [7] [13] [14], 高邮凹陷 E_{2s1} 沉积期物源供给充分, 具有多物源、多沉积体系发育的特征。平面上, 物源主要来自北、北东方向; 发育浅水辫状河三角洲、扇三角洲、曲流河等沉积相[15] [16] [17] [18]。

Table 1. Stratum summary of ZW area
表 1. ZW 地区地层简表

界	地层				地层代号	视厚度 (m)	岩性描述
	系	统	组	段			
新生界	第四系	全新统 更新统	东台组		Q	140	浅黄棕色粘土、砂质粘土
	新近系	上新统 中新统	盐城组	二	Ny ₂	350	浅黄棕色粘土砂质粘土、砾砂层呈不等厚互层
				一	Ny ₁	650	浅棕色泥岩、泥质砂岩呈不等厚互层
	始新统		三垛组	二	E ₂ s ₂	650	棕色泥岩、砂质泥岩及浅灰、浅绿灰色含砾砂岩、砾状砂岩呈不等厚互层
				一	E ₂ s ₁	500	棕色粘土为主夹浅灰色、浅棕色含砾砂岩，不等粒砂岩，泥质粉砂岩，中下部具深灰色玄武岩
				二	E ₂ d ₂	550	棕色砂质泥岩，泥岩为主夹浅灰色薄-厚层状泥质粉砂岩、粉砂岩
				一	E ₂ d ₁	600	深灰色泥岩为主，夹薄层粉细砂岩
	古近系	古近系	戴南组	四	E ₁ f ₄		灰色、灰黑色泥岩夹少量薄层泥灰岩
	三			E ₁ f ₃		深灰色、灰黑色泥岩与浅灰色粉砂岩互层	
	二			E ₁ f ₂		灰黑色泥岩夹灰质泥岩、泥灰岩、鲕粒灰岩	
一	E ₁ f ₁				棕色泥岩、砂质泥岩与棕色细砂岩、粉砂岩互层		
		古新统	阜宁组				

3. 储层特征

高邮凹陷所在的 ZW 油田 E₂s₁ 是较早发现的含油层系之一，在勘探开发初期取得了较为丰富的取心、试油试采、分析化验资料。根据钻井取心资料统计，ZW 油田 E₂s 共有取心井 13 口，钻井取心进尺 632.48 m，心长 547.22 m，取心收获率 90.8%。在此基础上进行了储层特征的研究(表 2)。

Table 2. Statistics of E₂s coring in ZW Oilfield
表 2. ZW 油田 E₂s 取心情况统计表

油田	主要取心层位	取心井数/口	取心进尺/m	岩心长度/m	收获率, %	油斑及以上心长/m
ZW	E ₂ s ₁ ³ ~E ₂ s ₁ ⁷	13	632.48	574.22	90.8	161.65

3.1. 储层岩矿特征

ZW 油田 E_{2S_1} 储层主要分布在 $E_{2S_1}^3$ 、 $E_{2S_1}^4$ 、 $E_{2S_1}^6$ 三个亚段, 根据 E_{2S} 储层薄片鉴定资料, 细分层系对 ZW 油田 E_{2S} 储层岩矿特征进行评价分析(表 3)。

Table 3. Statistical table of rock composition of E_{2S} sandstone in ZW Oilfield

表 3. ZW 油田 E_{2S} 砂岩岩石成分统计表

区域	层位	沉积相	样品数	矿物, %				胶结物, %		
				石英	斜长石	钾长石	岩屑	白云质	灰质	泥质
ZW	$E_{2S_1}^3$	曲流河	27	63.7	6.4	13.2	16.7	7.4	10.2	12.7
	$E_{2S_1}^4$	曲流河	46	62.7	8.9	11.1	17.3	5.1	7.3	6.3
	$E_{2S_1}^6$	扇三角洲	43	57.0	7.0	15.8	20.2	3.3	9.4	9.0

3.1.1. $E_{2S_1}^3$ 储层岩矿特征

根据所收集统计的 E_{2S_1} 储层 27 块薄片鉴定资料研究分析, ZW 地区 E_{2S_1} 储层为曲流河沉积的砂体, 岩性主要为细砂岩。碎屑成分: 石英组分占 52.9%~88.0%, 平均值为 63.7%, 斜长石组分占 1.2%~11.2%, 平均值为 6.4%, 钾长石组分占 6.0%~20.1%, 平均值为 13.2%; 岩屑平均值为 16.7% (变质岩 8.9%, 中酸性喷出岩 6.9%)。胶结物中白云质含量 7.4%, 灰质含量 10.2%, 泥质含量 12.7%。分选程度中~好, 磨圆程度次棱~次圆, 风化程度中~中浅。胶结类型以孔隙、孔隙接触胶结为主。

3.1.2. $E_{2S_1}^4$ 储层岩矿特征

根据所收集统计的 E_{2S_1} 储层薄片鉴定资料 46 块研究分析, ZW 地区 E_{2S_1} 储层为曲流河沉积的砂体, 岩性主要为细砂岩。碎屑成分: 石英组分占 52.8%~76.5%, 平均值为 62.7%, 斜长石组分占 5.0%~14.7%, 平均值为 8.9%, 钾长石组分占 7.3%~15.1%, 平均值为 11.1%; 岩屑平均值为 17.3% (硅质岩 2.0%, 中酸性喷出岩 7.4%, 石英岩 5.1%)。胶结物中白云质含量 5.1%, 灰质含量 7.3%, 泥质含量 6.3%。分选程度好, 磨圆程度次棱~次圆, 风化程度中~浅。胶结类型以孔隙式胶结为主。

3.1.3. $E_{2S_1}^6$ 储层岩矿特征

ZW 地区 E_{2S_1} 储层薄片鉴定资料共有 43 块, 分析认为储层为扇三角洲前缘沉积的砂体, 岩性主要为中砂、细砂岩。碎屑成分: 石英组分占 50.7%~70.0%, 平均值为 57.0%, 斜长石组分占 1.6%~14.1%, 平均值为 7.0%, 钾长石组分占 6.0%~22.7%, 平均值为 15.8%; 岩屑平均值为 20.2% (变质岩占 9.2%, 硅质岩 2.7%, 火成岩 13.6%)。胶结物中白云质含量 3.3%, 灰质含量 9.4%, 泥质含量 9.0%。分选程度中、好, 磨圆程度次棱、次棱~次圆, 风化程度浅、较浅。胶结类型以孔隙、孔隙~接触式胶结为主。

3.2. 储层物性特征

根据 ZW 油田 E_{2S} 储层岩心分析资料, 本次研究共统计分析了孔渗分析样品 1520 块, 油侵含油级别以上孔隙度一般大于 12.6%, 渗透率大于 5.0 mD。有效储层孔隙度范围在 12.6%~35.29% 之间, 渗透率在 5~38906.1 mD 之间, 储层物性为中~高孔、中~特高渗储层(图 1、图 2)。

3.3. 储层流体特征

3.3.1. 地层水性质

ZW 油田 E_{2S_1} 油藏埋深浅, 受地表水影响大, 地层水总矿变化相对较大。地层水总矿从 10,692 mg/L 到 24,104 mg/L, 平均为 17,035 mg/L (表 4)。

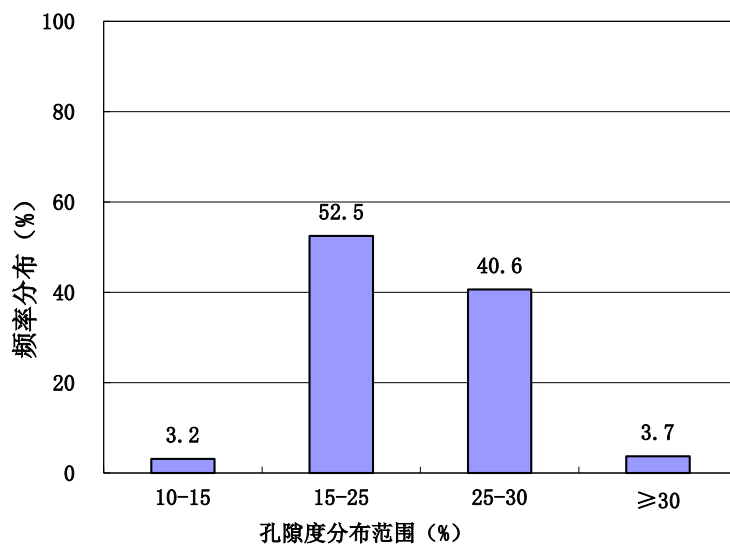


Figure 1. E_{2s} porosity frequency distribution in ZW Oilfield

图 1. ZW 油田 E_{2s} 孔隙度频率分布图

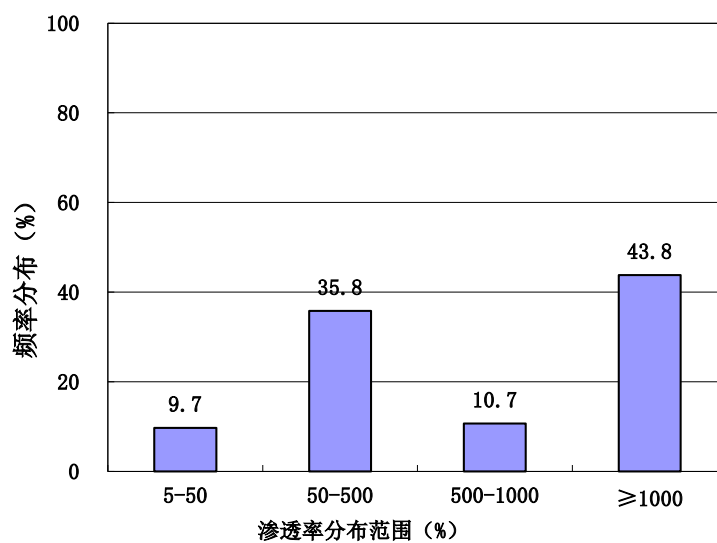


Figure 2. E_{2s} permeability frequency distribution in ZW Oilfield

图 2. ZW 油田 E_{2s} 渗透率频率分布图

Table 4. Statistics of total minerals in E_{2s1} formation water in ZW Oilfield

表 4. ZW 油田 E_{2s1} 地层水总矿统计表

油田	E _{2s1}		样品数 /个
	总矿平均值 /(mg/l)	分布范围 /(mg/l)	
ZW	17035	10692-24104	19

3.3.2. 原油性质

ZW 油田 E_{2s1} 油藏原油性质较好, 地面原油密度分布范围主要在 0.8259 t/m³ 到 0.8538 t/m³, 分布范围相对分散, 平均为 0.8405 t/m³ (表 5)。

Table 5. Statistical table of E_{2S1} crude oil properties in ZW Oilfield
表 5. ZW 油田 E_{2S1} 原油性质统计表

油田	E _{2S1}			E _{2d2}			E _{2d1}		
	地面密度 平均值 (t/m ³)	分布范围 (t/m ³)	样品数 /个	地面密度 平均值 (t/m ³)	分布范围 (t/m ³)	样品数 /个	地面密度 平均值 (t/m ³)	分布范围 (t/m ³)	样品数 /个
ZW	0.8405	0.8259~0.8538	40	0.8344	0.7218~0.8659	79	0.8373	0.8085~0.8690	67

4. 储层四性关系研究

储层的“四性”关系是指储层的岩性、物性、含油性以及电性之间的对应关系。在影响储层电性的众多因素中，砂岩颗粒粗细的变化对电性影响较大，粗粒径比细粒径砂岩电阻率要高。岩性对储层电阻率、声波时差曲线影响较大。同时由于储层受地表水的影响，地层水总矿变化较大，地层水总矿的变化对储层电阻率的影响也比较大[19]。

4.1. 岩性与物性的关系

本次研究，统计分析了 ZW 油田 E_{2S} 孔隙度与渗透率关系、孔隙度与碳酸盐含量关系、渗透率与碳酸盐含量关系(表 6、图 3~5)。

从交汇图中可以看出，E_{2S1} 储层的岩性与物性密切相关。对于较纯的砂岩，分选、粒度越好、越大则物性越好，孔隙度与渗透率存在较好的正相关性，孔隙度越大，渗透率越高。相对砾石、泥质、碳酸盐等含量较多的砂岩，这些成分对物性有很大影响，与储层物性存在明显的负相关性，即砾石、泥质、碳酸盐等含量越高，储层的物性越差，同时孔隙度与渗透率的正相关性变差。这些往往与储层的沉积相带密切相关，颗粒中等且分选好的岩性储层物性最好。

Table 6. Relationship between porosity and permeability of E_{2S1} in ZW Oilfield
表 6. ZW 油田 E_{2S1} 孔隙度与渗透率关系表

油田	层位	公式	样品数/块	相关性
ZW	E _{1S1}	$K = 0.1519e^{0.3436\Phi}$	n = 1130	R ² = 0.5947

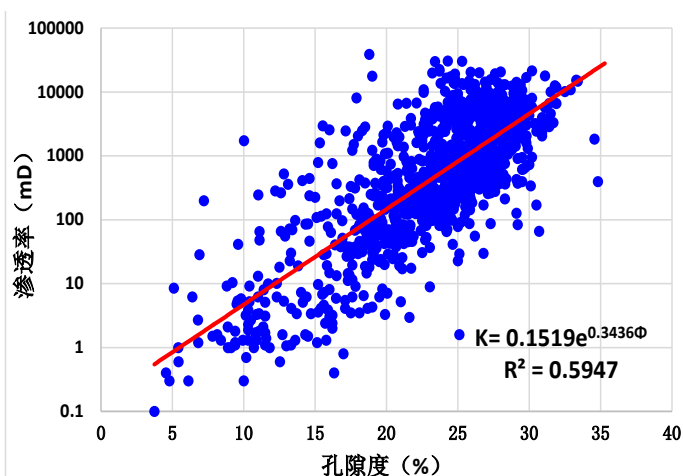


Figure 3. Φ -K diagram of E_{2S1} in ZW Oilfield
图 3. ZW 油田 E_{2S1} Φ -K 关系图

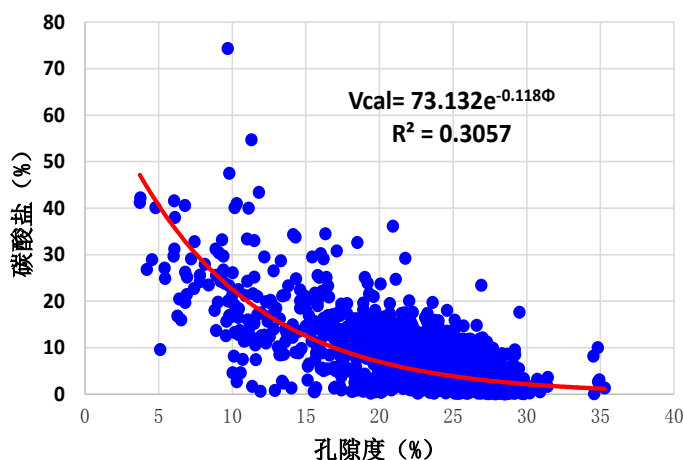


Figure 4. Φ -Vcal diagram of E_{2s_1} in ZW Oilfield
图 4. ZW 油田 E_{2s_1} Φ -Vcal 关系图

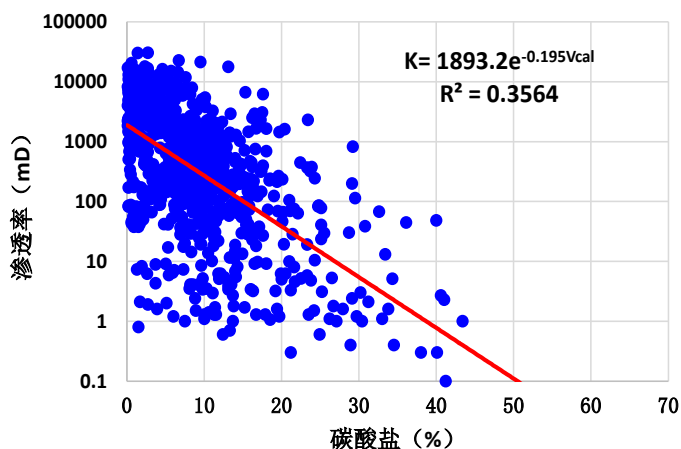


Figure 5. Vcal-K diagram of E_{2s_1} in ZW Oilfield
图 5. ZW 油田 E_{2s_1} Vcal-K 关系图

4.2. 岩性、物性与含油性的关系

在同一个油藏之内，含油性完全受岩性、物性的控制和影响，在含油井段之内油气总是会选择物性较好的储层优先充注或充注饱满，而充注的程度往往要看含油井段的长短、物性好坏、处于构造的什么位置等。从单井看在含油井段之内岩性、物性好则含油性好，反之岩性、物性差的含油性差。在含油井段内油层到干层的变化，就是岩性、物性的变化，是物性下限标准需要确定的参数。

ZW 油田 E_{2s} 储层物性埋深浅，储层物性好，其构造油藏油气相对富集，充注饱满，油层含油性好，基本都在油侵及以上含油级别。而构造-岩性油藏，储层物性较差，油气充注程度较低，含油级别在油斑级别以上(图 6)。

4.3. 含油性与电性的关系

每口井都拥有较为全面的测井资料，在取心资料有限的情况下，必须依靠电性资料来判断油、水、干层。通过研究，ZW 油田 E_{2s_1} 储层“四性关系”匹配较好，油水干层在测井相应特征上具有典型的特征。

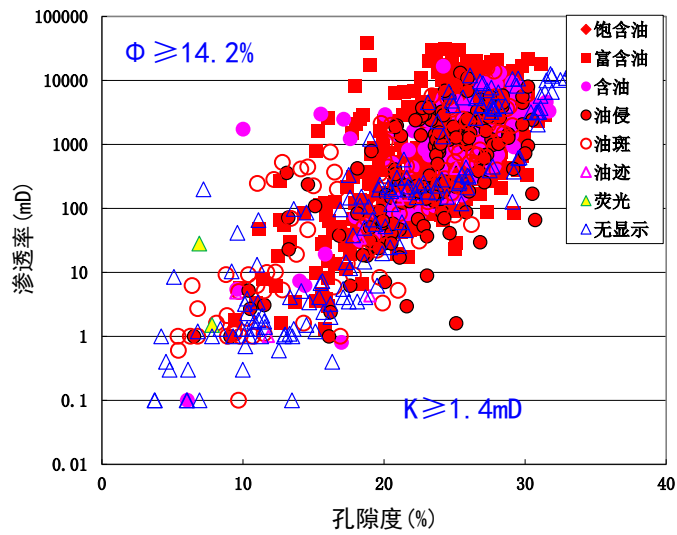


Figure 6. Relationship between oil bearing occurrence of E₂S₁ in ZW Oilfield
 图 6. ZW 油田 E₂S₁ 含油产状关系图

根据 ZW 油田 Z77 井 E₂S₁⁷ 四性关系图，油藏岩性主要为棕褐色细砂岩、粗粉砂岩，油层含油级别均在油侵之上。油藏埋深较浅(1920 m~2435 m)，储层物性较好，自然电位曲线负异常明显，储层声波时差一般在 265~325 μs/m 左右，平均孔隙度为 22.4%，渗透率 914 mD；深感应电阻率曲线较好的反映了储层的含油性，典型油层电阻率均大于 5.5 Ω·m，一般在 8~25 Ω·m 之间；水层深感应电阻率曲线均小于 5.5 Ω·m，一般在 3~4 Ω·m 之间；干层的储层物性较差。根据 Z77 井四性关系分析，14 号层以及 15 号层与 16 号层之间，取心均为干层，微电极表现为锯齿状高值且无正异常，自然电位负异常不明显，含油级别在油斑、油迹级别以下，岩性为砾状砂岩以及砾岩。地层水总矿为 17,035 mg/L 左右，属于中等偏低，水型为 N_aHCO₃ (图 7)。

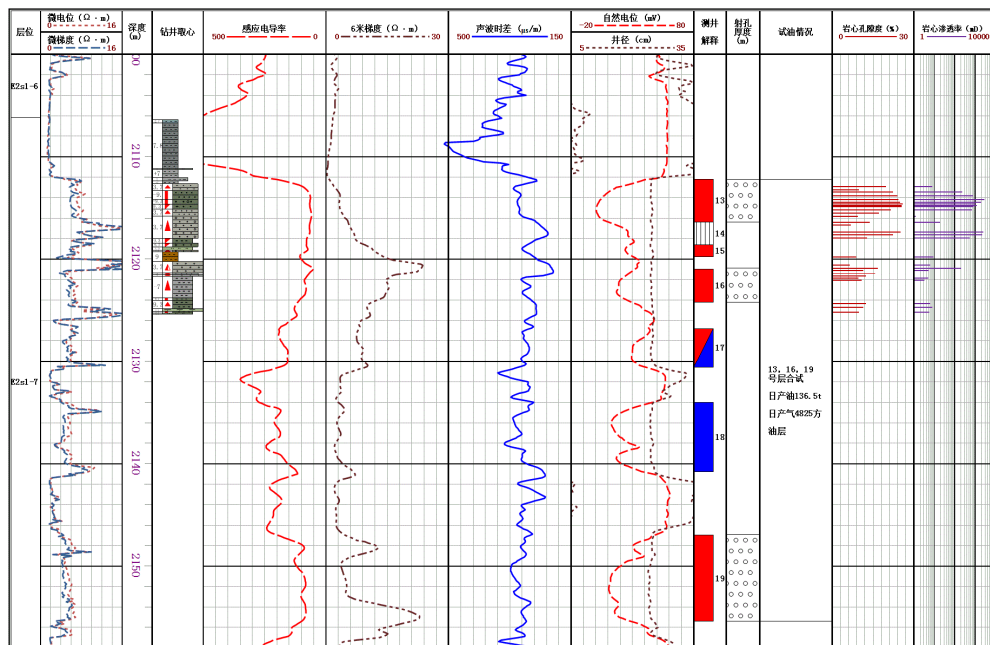


Figure 7. Four property relationship diagram of E₂S₁⁷ of Z77 well in ZW Oilfield
 图 7. ZW 油田 Z77 井 E₂S₁⁷ 四性关系图

总体来说,岩性对物性影响较大,岩性和物性又一起影响储层的电性,使得储层的电性不仅受含油性(孔隙流体)的影响,同时也受岩性、物性的影响,从而给油、水、干层的判别带来干扰。

4.4. 电性识别标准的建立

一般以试油资料为依据,对测井资料进行充分的研究分析,并以测井解释为主要手段,广泛利用测井资料定性定量确定油层有效厚度电性下限标准。

通过对 ZW 油田 E_2S_1 试油、试采井的电性参数研究,并结合岩电对应关系分析,发现深感应电阻率对含油性有较好的反映,结合声波时差能较好地定量识别油、水层。从本次建立的含油产状关系图、深感应电阻率(R_t)与声波时差(Δt)交会图、孔隙度(Φ)和含油饱和度(S_o)交会图(图 6、图 8、图 9),可以看出,油、水层的电性差异相当明显。由此确定的 ZW 油田 E_2S_1 有效厚度电性标准见下表 7。

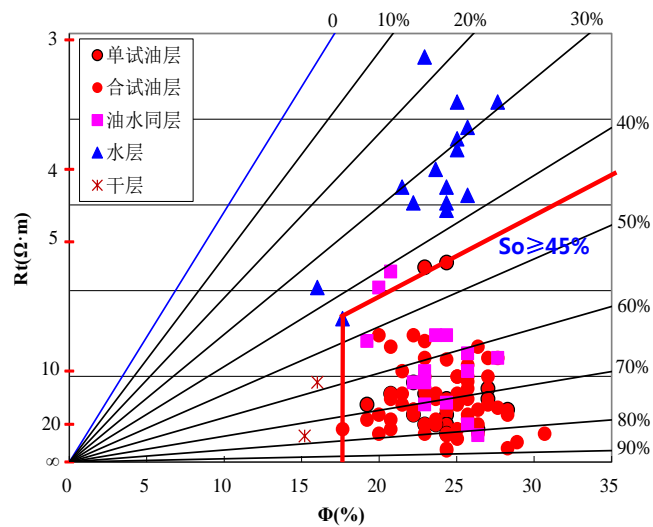


Figure 8. Φ - S_o crossplot of E_2S_1 in ZW Oilfield

图 8. ZW 油田 E_2S_1 Φ - S_o 交会图

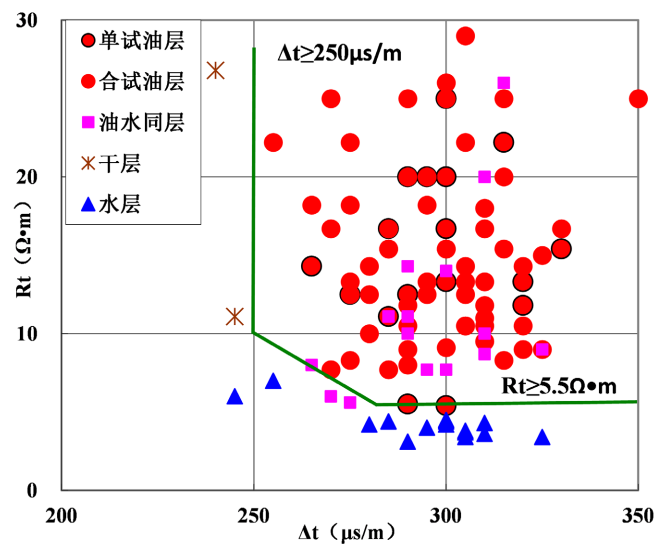


Figure 9. Δt - R_t crossplot of E_2S_1 in ZW Oilfield

图 9. ZW 油田 E_2S_1 Δt - R_t 交会图

Table 7. Lower limit standard of electric property of E₂S₁ oil layer in ZW Oilfield
表 7. ZW 油田 E₂S₁ 油层电性下限标准表

油田	层位	电阻率 Rt /(Ω·m)	声波时差 Δt /(μs/m)	孔隙度 Φ /(%)	K /(mD)	饱和度 S _o /%
ZW	E ₂ S ₁	≥5.5	≥280	≥14.2	≥1.4	≥45
		≥-0.20Δt + 61.0	280 > Δt ≥ 250			

5. 油气层精细复查结果

根据前章的识别标准,对 ZW 油田 E₂S₁ 的 67 口井进行了全面的油气层精细识别和复查工作,新增加有效厚度 7 口井 20 层 82.6 m,其中新增油层 13 层 61.0 m,新增油水同层 7 层 21.6 m,其中经过试油证实的有 4 口井 11 层 45.0 m,证实率 54.5%,主要分布在 Z107 区块以及 Z34-1 等零散井(表 8)。

例如本次复查的侧 Z146 井, E₂S₁⁴ 的未解释 4 号、5 号层,井段 1934.3 m~1938.0 m, 1942.0 m~1953.4 m,厚度 3.7 m、11.4 m。自然电位负异常,微电极曲线为明显正异常,储层物性、渗透性好,声波时差曲线 335、330 μs/m,综合解释孔隙度 28.7%、28.1%;深感应电阻率 8.0 Ω·m,综合解释含油饱和度 61.4%、60.8%,分析认为这两层具有较好的含油性,综合解释为油层(图 10)。

Table 8. Detailed reexamination results and potential blocks of E₂S₁ oil reservoir in ZW Oilfield
表 8. ZW 油田 E₂S₁ 油层精细复查成果以及潜力区块表

井号	层位	层号	厚度 /m	深 感应 /(Ω·m)	声 波 时 差 /(μs/m)	原 解 释 结 论	复 查 解 释 结 论	油 气 显 示	备 注	
Z34-1	E ₂ S ₁ ⁶	2	(8.0)	5.0	328	油水同层	油水同层	井壁:油斑,录井,油迹	油 10.8 t, 水 87.4 m ³	
	E ₂ S ₁ ⁷	7 上	3.1	13.0	338	油水同层	油层	井壁:油斑,录井,油斑	7 号和 9 号层,油 17.7 t,基本不含水	
	E ₂ S ₁ ⁷	7 下	2.4	8	354	油水同层	油层			
	E ₂ S ₁ ⁷	8	2.0	6	302	干层	油层			
	E ₂ S ₁ ⁷	9	2.9	8.5	331	油水同层	油层			
E ₂ S ₁ ⁷	20	5.4	6.5	290	水淹层	油层				
Z137	E ₂ S ₁ ⁴	2	(1.6)	4.4	270	水层	油水同层		油 9.6 t, 水 15.3 m ³	
	E ₂ S ₁ ⁴	3	(4.0)	6.0	310	水层	油水同层			
	E ₂ S ₁ ⁴	4	(3.4)	4.6	295	水层	油水同层			建议补开
	E ₂ S ₁ ⁴	5	(2.8)	3.5	310	水层	油水同层			建议补开
	E ₂ S ₁ ⁴	6	6.0	6.5	290	水层	油层			油 7.7, 不含水
Z201-13	E ₂ S ₁ ⁴	未 4	(2.2)	7.0	290	未解释	油水同层		井段 1964.0~1966.2 m	
	E ₂ S ₁ ⁴	未 5	(2.6)	6.5	280	未解释	油水同层		井段 1970.6~1973.2 m	
	E ₂ S ₁ ⁵	未 6	8.3	10	330	未解释	油层		井段 2059.3~2067.6 m, 油 10.3 t, 水 1.0 m ³	
	E ₂ S ₁ ⁶	未 7	(5.0)	8.0	310	未解释	油水同层		井段 2086.0~2091.0 m, 油 6.2 t, 水 11.6 m ³	

Continued

侧 Z146	$E_2S_1^4$	未 4	3.7	8.0	335	未解释	油层	井段 1934.3~1938.0 m,	
	$E_2S_1^4$	未 5	11.4	8.0	330	未解释	油层	井段 1942.0~1953.4 m	
Z191	$E_2S_1^4$	2	3.6	10	280	水层	油层	录井: 油迹	
	$E_2S_1^4$	3	3.9	8	280	水层	油层	录井: 油迹	
Z201-16	$E_2S_1^4$	2	4.0	8	305	油水同层	油层	井壁: 荧光	建议补开
Z201-8	$E_2S_1^4$	2	7.2	7	330	油层	油层	井壁: 油斑	建议补开
Z201-12	$E_2S_1^4$	3	4.4	12	310	油层	油层	井壁: 油斑	建议补开
侧 Z187	$E_2S_1^7$	17	4.3	7	265	水淹层	油层	油 20.6 t, 基本不含水	
	$E_2S_1^7$	20	5.4	6.5	290	水淹层	油层		

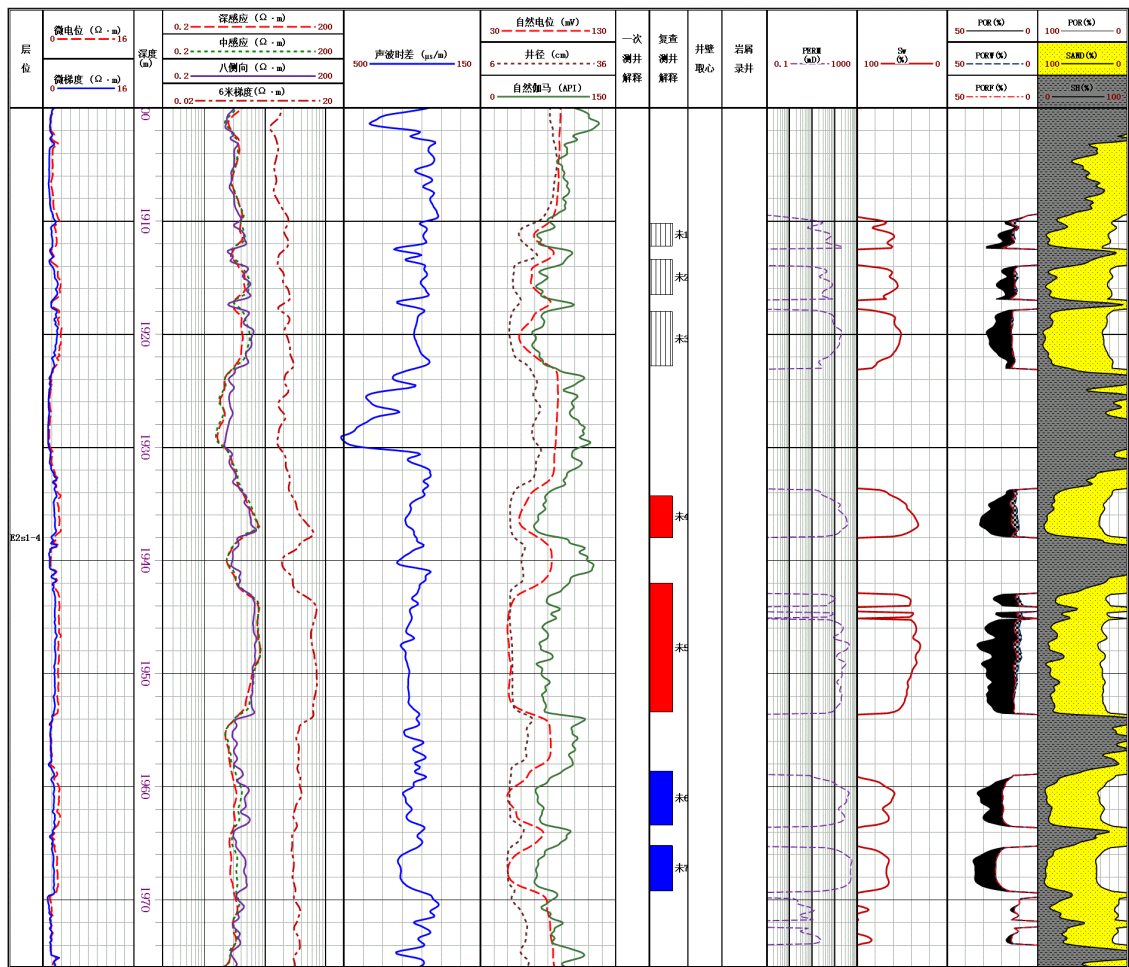


Figure 10. $E_2S_1^4$ logging interpretation results of Z146 well in the ZW Oilfield
图 10. ZW 油田侧 Z146 井 $E_2S_1^4$ 测井解释成果图

6. 结论与认识

1) 通过本次研究, 得到以下结论:

a) 对 ZW 油田 E₂S₁ 储层特征进行统计和分析, 进而剖析了测井响应及四性关系特征, 为之后油气层的识别奠定了研究基础。

b) 在储层特征研究的基本上, 建立了该区 E₂S₁ 油气层识别图版, 图版解释精度高, 应用效果良好, 从而指导了勘探开发井的测井解释, 提高解释成功率。

c) 挖潜了一批 ZW 油田 E₂S₁ 的油层, 为油田的增储上产、降本增效做出了积极的贡献。

2) 研究过程中的一点认识:

a) 在以后的研究中, 可以深化多个因素进行识别对比分析的研究, 同时总结和完善的新的方法和技术。

b) 积极与生产单位结合, 推荐对复查有效储层及调补层的生产, 从而进一步对识别图版进行完善。

参考文献

- [1] 毛凤鸣, 戴靖. 复杂小断块石油勘探开发技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2005.
- [2] 朱夏, 徐旺. 中国中新生代沉积盆地[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- [3] 刘玉瑞, 王建. 苏北盆地复杂断块油气藏勘探及技术[J]. 江苏地质, 2003, 27(4): 193-198.
- [4] 刘玉瑞. 苏北后生-同生断陷盆地油气成藏规律研究[J]. 石油实验地质, 2016, 38(6): 721-731.
- [5] 董荣鑫. 高邮凹陷戴南-三垛组古生物与沉积环境演变[J]. 同济大学学报, 1999, 27(3): 366-370.
- [6] 马英俊, 李储华, 李维. 高邮凹陷一段沉积演化特征[J]. 复杂油气藏, 2017, 10(2): 1-6.
- [7] 李阳, 邱桂强, 刘建民. 沉积学研究对济阳断陷湖盆油气勘探开发的推动作用[J]. 沉积学报, 2004, 22(3): 400-407.
- [8] 姜生玲, 聂海宽, 荆铁亚, 于京都, 李梅. 高邮凹陷阜宁组烃源岩特征及油源对比[J]. 特种油气藏, 2014, 21(2): 66-69.
- [9] 张照录, 王华, 杨红. 含油气盆地的输导体系研究[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 133-135.
- [10] 李月, 胥凯, 颜世永, 林玉祥. 含油气盆地油气输导体系分析[J]. 油气地质与采收率, 2015, 22(1): 32-36.
- [11] 张卫海, 查明, 曲江秀. 油气输导体系的类型及配置关系[J]. 新疆石油地质, 2003, 24(2): 118-120.
- [12] 李储华, 刘启东, 李勇, 陈军, 叶绍东, 郑元财, 等. 高邮凹陷“双因素互补法”断层封闭性研究及应用[J]. 复杂油气藏, 2012, 5(2): 1-4.
- [13] 刘玉瑞. 苏北盆地断层封堵类型及定量评价[J]. 石油实验地质, 2009, 31(5): 531-536.
- [14] 邱旭明. 苏北盆地断块圈闭分类及油气成藏特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 371-374.
- [15] 杨仁超, 李进步, 樊爱萍, 宗敏, 张涛. 陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势[J]. 沉积学报, 2013, 31(1): 99-107.
- [16] 赵红格, 刘池洋. 物源分析方法及研究进展[J]. 沉积学报, 2003, 21(3): 409-415.
- [17] 刘军钊, 解习农, 孟涛, 杜学斌. 沾化凹陷埕南北部陡坡带深层扇体控砂机理及储层评价[J]. 石油实验地质, 2016, 38(1): 122-127.
- [18] 邹才能, 赵文智, 张兴阳, 罗平, 王岚, 刘柳红, 等. 大型敞流坳陷湖盆浅水三角洲与湖盆中心砂体的形成与分布[J]. 地质学报, 2008, 82(6): 813-825.
- [19] 张庆国, 王硕, 冯小东, 赵金环, 高华美. 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+8451.